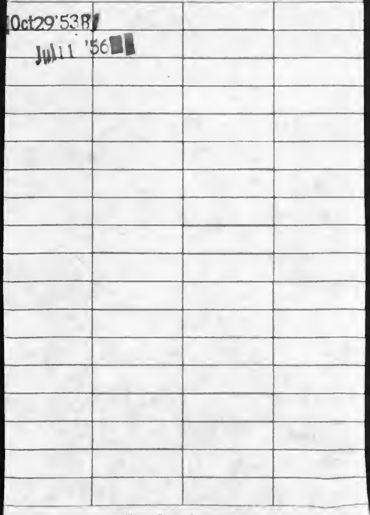
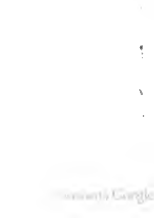


Vergleichende Pflanzenmorphologie

Eberhard Dennert


Date Due
Oct29'53
Jul11 '56
Library Bureau Cat. No. 1137



Grundriss

der

Vergleichenden Pflanzenmorphologie.



Vergleichende

Pflanzenmorphologie

von

Dr. phil. E. Dennert,
Gymnasiallehrer am Pädagogium zu Godesberg.

Mit über 600 Einzelbildern in 506 Figuren.

Leipzig
Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber
1894.

Vorwort.

Der vorliegende „Grundriss einer vergleichenden Pflanzenmorphologie“ betrachtet die Organe der Pflanze mit steter Berücksichtigung der biologischen Verhältnisse. Er will Laien, die sich mit Botanik beschäftigen, einen Einblick in ein anziehendes Gebiet dieser Wissenschaft bieten und auf sie zu weiterer Forschung, die in demselben ohne besondere Hilfsmittel möglich ist, anregend wirken. Vielleicht mag das Buch auch Studierenden als ein kurzgefasstes Repetitorium dienen. — Wer genauere Belehrung über die hier berührten Nebenfragen (Anatomie, Entwicklungsgeschichte, Physiologie und Biologie) wünscht, der sei auf vier für diese Zweige der Botanik geradezu klassische Werke verwiesen, nämlich: De Bary, „Vergleichende Anatomie

der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne", Goebel, „Vergleichende Entwicklungsgeschichte der Pflanzenorgane", Sachs, „Vorlesungen über Pflanzenphysiologie" und Kerner, „Pflanzenleben".

Der Verfasser sieht den Schwerpunkt seines vorliegenden Werkes in den beigegebenen neuen Abbildungen. Mit sehr wenigen in den Figurenerklärungen bemerkten Ausnahmen sind alle Abbildungen vom Verfasser nach der Natur neu gezeichnet und zwar zum grössten Teil direkt auf Holz. Soweit es anging, wurden dazu Pflanzen der einheimischen Flora verwendet, damit dem Leser ein eignes Vergleichen mit der Natur ermöglicht würde.

Dr. phil. E. Dennert.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Grundriss

der

Vergleichenden Pflanzenmorphologie.

1

Einleitung.

Dass an einer Pflanze als lebendem Wesen eben das Leben die Hauptsache ist, liegt auf der Hand, und wenn wir auch nicht in den Streit eintreten wollen, welcher Zweig der Botanik der vornehmste sein möchte, so müssen wir doch zugeben, dass jener das allgemeinste Interesse besitzen muss, der das Leben der Pflanze zu seinem Gegenstand macht, die Physiologie und Biologie, und ebenso ist es auch unzweifelhaft, dass die Lehre vom inneren Bau der Pflanzen (Anatomie) und von ihrem äusseren Aufbau (Morphologie) in den Dienst der Physiologie und Biologie gestellt werden muss, wenn anders sie nicht zu einem toten Schematismus herabsinken soll.

Das unmittelbarste Interesse hat die Physiologie an der Morphologie. Die Organe der Pflanze sind ja die Werkzeuge, mit denen sie ihr Leben verrichtet, und ihre Kenntnis muss daher die Grundlage der physiologischen Erörterungen bilden. Wie nun aber das, was wir das Leben nennen — nämlich die Wechselwirkung zwischen einem Wesen und seiner Aussenwelt, die auf gewisse Reize der letzteren erfolgt —, innerhalb der Pflanzenwelt eine

tausendfache Abänderung erfahren kann, je nach den begleitenden Umständen der Aussenwelt und den gegebenen inneren Verhältnissen der Pflanzen, — so wird natürlich auch die Ausgestaltung der äusseren Formen der Pflanzen jenen vielfältigen Äusserungen der verschiedenen Lebensbedingungen entsprechend eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit aufweisen, die zu erforschen die Aufgabe einer vergleichenden Morphologie sein wird. Insofern diese Mannigfaltigkeit der Formen dem inneren Verständnis näher gebracht werden soll, ist es nötig, auf ihr Werden zu achten und ihre physiologischen und biologischen Beziehungen stetig in Betracht zu ziehen. Wenn wir also in den folgenden Zeilen den Versuch machen wollen, einen Grundriss der vergleichenden Morphologie zu liefern, so wird zwar die vergleichende Betrachtung der Pflanzenorgane im Vordergrund derselben stehen, wir werden aber stets einen Blick auf die Entwicklungsgeschichte des betreffenden Organs werfen und biologische Seitenblicke nicht vergessen dürfen. Wir werden dabei vor allem auf die höheren Pflanzenformen (Phanerogamen) achten und der niederen nur insofern gedenken, als zur Anbahnung des Verständnisses der höheren nötig erscheint.

Die beiden hervorstechendsten Lebensvorgänge der Pflanze sind: Ernährung und Fortpflanzung, die Nahrung wird teils der Erde, teils der Luft entnommen; dem entsprechend bringen wir die Organe der Pflanzen in drei grosse Gruppen:

1) Die Wurzel,
2) der Spross,
3) die Fortpflanzungsorgane.

Die Wurzel ist derjenige Teil der Pflanze, der sie in dem Erdboden festhält, der das mit Nährsalzen versehene Wasser aus demselben aufsaugt und es dann in die oberirdischen Teile leitet.

Der Spross stellt mit seiner Achse ein Leitungssystem für Nähr- und Baustoffe dar, besitzt als seinen wesentlichen Teil Blätter, d. h. die Lufternährungsorgane, und hat obendrein die wichtige Aufgabe, die Fortpflanzungsorgane zu tragen und zu stützen.

Die Fortpflanzungsorgane besorgen die Erhaltung der Art durch die Erzeugung neuer Individuen derselben Form.

Fügen wir als Anhangsorgane, welche allen drei Hauptorganen zukommen können, die Haarbildungen oder Trichome hinzu, so ist damit die allgemeinste Übersicht der Pflanzenorgane erschöpft. Alle Organe lassen sich in diesen Kategorien unterbringen.

Durch die mannigfache Abänderung dieser Hauptorgane wie auch ihrer Teilorgane entsteht die grosse Mannigfaltigkeit der Formen, die das lebendige Gewand der Erde bilden. Es lassen sich dabei immer typische und normale Formen erkennen, die man nach den Anforderungen, welche sie an das Leben stellen, in eine aufsteigende Reihe bringen kann, in der man von unausgebildeten oder »rudimentären« Formen zu höheren aufsteigt.

Wenn nun auch die Organe im allgemeinen ihre feste Bestimmung und Aufgabe haben, so sind sie doch nicht starr und sklavisch gerade an diese gebunden, vielmehr besitzen sie eine gewisse aber stets pendelartige Beweglich-

keit und sind oft einer anderen Aufgabe angepasst; da sich derartige Organe auf typische und normale Formen zurückführen lassen, so redet man dann von abgeleiteten oder metamorphen Formen. Diese Abänderung braucht nicht notwendig mit einem Rückgang der Lebenserscheinung verbunden zu sein; ist dies aber der Fall, wie z. B., wenn ein frei lebendes Wesen ein Schmarotzerleben eingeht, so heissen die neuen Formen zurückgebildete oder reduzierte.

Anatomische Vorbemerkungen.

Zum Verständnis der Pflanzenorgane und ihrer Lebensthätigkeit ist eine Kenntnis des inneren Baues notwendig. Wenn daher auch nicht die gesamte Anatomie in die Morphologie hineingezogen werden sollte, so ist es doch anderseits unumgänglich nötig, wenigstens einen Blick in den inneren Bau der Pflanze zu werfen.

Die Pflanze besteht, wie jeder andere Organismus, aus Zellen (Fig. 1 S. 8), d. h. aus kleinen bläschenartigen Gebilden, deren wesentlichster Teil der Inhalt ist, während die Wand nur eine sekundäre Bedeutung hat, d. h. natürlich für das Leben der Pflanze. Der Inhalt ist eine zähflüssige, schleimige Masse, die man Protoplasma oder kurzweg Plasma nennt, sie besteht chemisch aus Eiweisstoffen und morphologisch aus einer mehr gleichmässigen Masse, in der Körnchen schwimmen; durch deren Bewegung beweist das Plasma seine Lebensthätigkeit. Es füllt im Jugendzustande der Zelle diese ganz aus, indem es aber später dem Wachstum der letzteren nicht folgt, zieht es sich mehr oder weniger nach der Wand zurück, an seine Stelle tritt

dann der Zellsaft. In dem Plasma ist ein bestimmter Teil besonders ausgebildet als Zellkern.

Die Wand der Zelle besteht chemisch aus Cellulose, doch kann sie Veränderungen erfahren; sie kann ver-

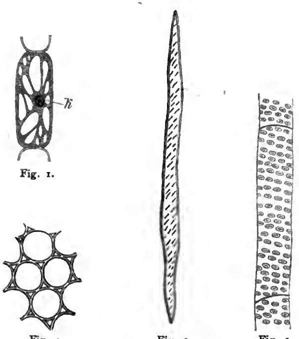


Fig. 1. Fig. 4. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 1. Tradescantia virginica; Zelle vom Staubfadenhaar mit Protoplasmafäden, zwischen denen der Zellkern schwebt, stark vergrössert.
Fig. 2. Tilia; einzelne Faserzelle aus dem Holz, st. v.
Fig. 3. Trachee mit Hoftüpfeln, st. v.
Fig. 4. Rundliche Zellen aus einem Markgewebe, st. v.

holzen, dann ist sie besonders fest und für Wasser durchlässig, oder verkorken, dann ist sie elastisch und für Wasser undurchlässig, oder verschleimen, dann löst sie sich in eine schleimige Masse auf.

Die Zelle erfährt durch Flächenvergrösserung ihrer Wand eine Veränderung der Gestalt. Ihre Grundform ist die

Kugel, durch mehr oder weniger einseitiges Flächenwachstum, sowie im Zusammenhang mit den anderen Zellen wird dieselbe entweder prismatisch oder faserig (Fig. 2 S. 8); die erste Form ist besonders dem Ernährungsgewebe eigen, die letztere, die obendrein oft mit Verholzung der Membran verbunden ist, dagegen dem mechanisch wirksamen Gewebe in Bast und Holz.

Die Zellwand kann aber auch in die Dicke wachsen und dadurch wesentliche Veränderungen erleiden, gewöhnlich bleiben hierbei nämlich gewisse Partien frei von den Verdickungsschichten, so dass an diesen Stellen Kanäle entstehen, welche die ganze Wand durchziehen bis auf die erste (»primäre«) Schicht der jugendlichen Zelle. Da sie von der Fläche gesehen wie kleine Kreise oder Ellipsen oder Tüpfel erscheinen, heissen sie Tüpfelkanäle.

Durch Auflösung der Horizontalwände übereinanderstehender Zellen entstehen Röhren, welche die ganze Pflanze durchziehen, derartige Luft oder zeitweise Wasser führende Röhren, die sich im Holze finden, heissen Gefässe und Tracheen, sie haben ein weiteres Zelllumen als die eigentlichen Zellen und besitzen zur Aussteifung ihrer Wände mannigfache Verdickungsleisten in Form von Tüpfeln, Netzen, Treppen, Ringen und Spiralen (Fig. 3 S. 8).

Andere Röhren haben siebartig durchbrochene Querwände und heissen Siebröhren, dieselben führen Eiweissstoffe; wieder andere dienen zur Aufnahme des Milchsaftes.

Die Zelle hat neben dem Protoplasma und dem oben schon genannten Zellsaft (Wasser mit geringen Mengen von Salz) auch noch andere Stoffe von geringerer oder grösserer Bedeutung für ihr Leben. Sehr wichtig ist der

grüne Farbstoff, welcher kleinen Protoplasmakörnchen anhaftet, Chlorophyll oder Blattgrün genannt wird, in Wasser unlöslich ist und bei der Ernährungs-(Assimilations-) thätigkeit der Pflanze eine grosse Rolle spielt. In ihm entsteht als ein anderer wichtiger Inhaltskörper der Zelle, die Stärke, ein Kohlehydrat, das in Wasser unlöslich ist und daher in der Zelle in Form kleiner Körnchen mit mehr oder minder deutlicher Schichtung vorkommt. Die Stärke ist ein Produkt der Assimilation und der wichtigste Baustoff des Pflanzenkörpers. Die anderen Farbstoffe der Pflanzen haben besonders in den Blüten eine wichtige biologische Aufgabe (s. unten), die gelben sind dem Chlorophyll verwandt und meist auch im Wasser und Zellsaft unlöslich, die roten und blauen sind unter sich nahe verwandt und im Zellsaft gelöst. — Milchsaft, Krystalle, Harze, ätherische Öle u. dergl. mehr sind andere Inhaltsstoffe der Pflanzenzellen, welche wohl hin und wieder eine biologische Bedeutung haben, im allgemeinen jedoch als Auswurfstoffe zu betrachten sind, deren sich die Pflanze zu entledigen sucht.

Die Zelle ist imstande (vom Zellkern ausgehend) durch Bildung neuer Wände sich zu teilen. Die dadurch entstehenden Zellmassen bleiben mit einander verbunden und bilden dadurch Gewebe. Die einfachste Grundform eines Gewebes ist ein Zellfaden (Fig. 52), der dadurch zustande kommt, dass die Zellen immer nur in einer und derselben Richtung sich teilen; die zweite Form ist die Zellfläche (Fig. 41), die nur eine Zelle dick ist und durch Teilung der Zellen nach zwei Richtungen hin entsteht. Die dritte Stufe bildet der Zellkörper, der seine Entstehung einer

Teilung in drei Richtungen verdankt. Die meisten Pflanzen stellen Zellkörper dar, doch kommen auch die beiden anderen Gewebeformen in der Natur frei vor.

Die einfachste Form des Körpergewebes entsteht dadurch, dass die einzelnen rundlichen Zellen, die es bilden, unter sich keine weitere Differenzierung zeigen, sie lassen dann oft zwischen sich kleine Zwischenräume, die Intercellularräume (Fig. 4 S. 8), welche sich hin und wieder, besonders bei Wasserpflanzen, denen ein geringes spezifisches Gewicht erwünscht ist, zu grösseren Luftgängen erweitern können. — Im übrigen zeigen die Gewebe der höheren Pflanzen meistens eine weitgehende Arbeitsteilung und sind aus verschiedenartigen Elementen zusammengesetzt.

Nach der biologischen Bedeutung der Gewebe scheidet man sie in drei grosse Gruppen: Hautgewebe, Grundgewebe und Stranggewebe. Das erstere, auch Oberhaut oder Epidermis genannt, überzieht ohne Intercellularräume alle krautigen Teile der Pflanze. Sie ist eine Zelle dick, ihre Aussenwand ist verkorkt, daher elastisch und für Wasser durchlässig, sie bietet somit für die inneren Gewebe ein wirksames Mittel gegen die Verdunstung des Wassers. Da letztere aber zur Regelung der Wasseraufnahme doch nicht ganz aufgehoben werden darf und da obendrein auch Einlasspforten für die Luft vorhanden sein müssen, so besitzt die Oberhaut sogenannte Spaltöffnungen: zwei nierenförmige Zellen, die Schliesszellen, die also zwischen sich eine Spalte lassen. Letztere lässt sich erweitern und verengern, und zwar sind die Schliesszellen derartig gebaut, dass ihre Annäherung und Entfernung durch den Wassergehalt selbst reguliert wird, so dass der Spalt sich bei geringem Wassergehalt, wenn es also

wünschenswert ist das Wasser in der Pflanze zurückzuhalten, schliesst und bei grossem Wassergehalt, der eine gesteigerte Transspiration erwünscht macht, öffnet.

Unter dem Hautgewebe liegt ein anderes Gewebe, welches aus kugeligen oder prismatischen Zellen besteht und in gewissen Regionen reich an Blattgrün ist, dasselbe führt den Namen Grundgewebe, weil in ihm das Stranggewebe gewissermassen wie in eine Grundmasse eingebettet liegt. Im Stengel wird das Grundgewebe durch die Stränge in ein Rinden- und Markgewebe geteilt.

Das Stranggewebe stellt feste Stränge dar, welche die ganze Pflanze in mannigfachster Anordnung (Fig. 137, 225—234) durchziehen und nach einem ihrer bemerkenswertesten Teile Gefässbündel heissen. Auf dem Querschnitt unterscheidet man an ihnen drei Schichten: die nach aussen gerichtete ist der Siebteil, die nach innen gerichtete der Gefässteil; auch als Bast- und Holzteil werden dieselben unterschieden (Fig. 5 S. 13), zwischen beiden liegt das Kambium. Der Siebteil enthält, wie sein Name sagt, vor allem Siebröhren, daneben Parenchymzellen, die man Geleitzellen nennt, aussen ist dieser Teil gewöhnlich von einem Halbmond von Bastfasern umgeben. Der Gefässteil ist zusammengesetzt aus Gefässen und Holzfasern, dazwischen auch Parenchym, oft ist auch der Gefässteil von einem Halbring von Fasern umgeben, der mit den Bastfasern zusammen eine »Scheide« bildet. Das Kambium ist eine Schicht zarter teilungsfähiger Zellen zwischen Sieb- und Gefässteil, oft erstarren sie sehr bald zu Kambiform, oft aber behalten sie auch ihre Teilungsfähigkeit bei und bilden dann fortdauernd nach aussen

eine Verstärkung des Siebteils, nach innen eine solche des Holzteils; dabei gewinnen auch die in gleicher Höhe zwischen den Kambiumschichten der benachbarten Gefässbündel gelegenen Grundgewebeschichten Kambium-Charakter und unterstützen das Kambium in seiner Thätigkeit; die Folge ist, dass sich Ringe von Sieb- und Gefässteilen bilden, welche also ganz zusammenschliessen. Findet die Wachstumsperiode des Baumes eine Unterbrechung (wie bei uns im Winter), so macht sich das an den aufeinanderfolgenden Ringen auch äusserlich bemerklich, und man nennt dann den ringförmigen Jahreszuwachs an Dicke einen Jahresring. Die zwischen den ursprünglichen Bündeln gelegenen Grundgewebemassen sind auch später noch kenntlich, verschmälern sich aber nach aussen, so dass sie

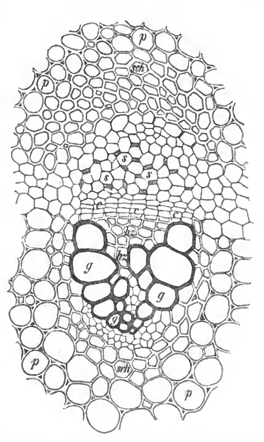


Fig. 5. Ranunculus repens; Gefässbündel, sehr st. vergr. *c* = Kambium, *g* = Gefässe, *s* = Siebröhren, *hz* = Holzzellen, *sch* = Gefässbündelscheiden, *p* = Parenchym.

nur wenige Zellen breit sind. Da sie strahlig von dem zentralen Grundgewebe, dem Mark, ausgehen, so nennt man sie (primäre) Markstrahlen. Auch in den äusseren Zuwachsschichten des Holzes können später derartige radiale Gewebeplatten entstehen, dieselben erreichen dann aber natürlich nicht das Mark und heissen auch (sekundäre) Markstrahlen.

Der Sieb- oder Bastteil zeigt selten eine ähnliche zonenförmige Anordnung, da hier der Jahreszuwachs nicht so regelmässig erfolgt.

Die äusseren Rindenschichten, d. h. das Gewebe von den Gefässbündeln an nach aussen gerechnet, können auch mit dem Alter eine Änderung erfahren. Das primäre Hautgewebe genügt bald nicht mehr als Schutz und kann auch nicht dem Druck von innen folgen, es bildet sich daher in oder unter ihm ein Meristemgewebe, welches Korkschichten bildet, die Membran der betreffenden Zellen ist verkorkt.

Wenn die Bildung des Korks innere Gewebemassen ergreift, so wird den ausserhalb derselben gelegenen Schichten die Wasserzufuhr abgeschnitten, sie sterben ab und lösen sich vertrocknet in Form von Schuppen oder Ringen los (Borke).

Diese kurze gedrängte Übersicht über die anatomischen Verhältnisse der Pflanze mag für unsern Zweck genügen.

I.

Die Wurzel.

---

1. Normale Formen.

Die typische Wurzel dient, wie gesagt, als Haftorgan und zur Aufnahme der Bodennährstoffe der Pflanze. Ihre fast allgemein zutreffenden Hauptkennzeichen sind teils positiv: das Vorhandensein der Wurzelhaube (s. unten), teils negativ: das Fehlen der am Spross sitzenden Blätter. Die Wurzel entwickelt sich aus dem Würzelchen des Samens (Fig. 6—8, 58—61), welches bei der Keimung die Samenschale durchbricht und dann senkrecht in die Erde hinein wächst. Entweder entwickelt sich diese erste Wurzel weiter, so dass sie trotz der an ihr ohne besondere Gesetzmässigkeit entstehenden Nebenwurzeln als Hauptwurzel noch kenntlich ist (Fig. 7 u. 10), oder sie stellt bald ihr Wachstum ein und die zahlreichen Nebenwurzeln vertreten insgesamt ihre Stelle (Fig. 8 S. 16).

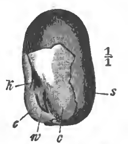


Fig. 6. Vicia Faba; Same nach Entfernung eines Teils der Samenschale, 1/1. s = Samenschale, c = Kotyledonen, k = Knöspchen (Plumula), w = Würzelchen.

Abgesehen von dieser ersten und ursprünglichen Entstehung der Wurzeln können solche im späteren Leben der Pflanze auch an anderen Stellen nachträglich auftreten (z. B. Luftwurzeln), aber auch da, wo abgesehen vom Samen

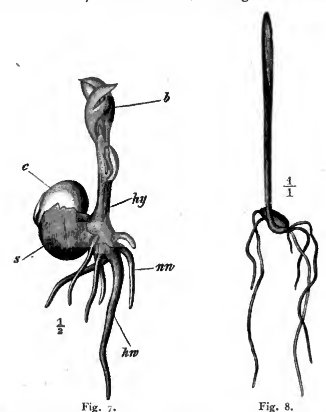


Fig. 7. Fig. 8.

Fig. 7. Vicia Faba; Keimpflanze, $^1/_2$. *s* = Samenschale, *c* = Kotyledon, *hw* = Hauptwurzel, *nw* = Nebenwurzel, *hy* = hypokotyles Glied, *b* = Blatt.
Fig. 8. Triticum; Keimpflanze, $^1/_1$.

Neubildung einer Pflanze stattfinden soll; so z. B. aus den Blättern der Begonien (wenn feucht gehalten) (Fig. 9), ja direkt hinter dem Vegetationspunkt d. h. dem fortwachsenden Gipfel der Pflanze (siehe unten) können Wurzeln entstehen (bei Kakteen). Der Ursprung derartiger Adventiv-

wurzeln ist dann entweder, wie im letzteren Falle, das schon vorhandene Meristem oder es entsteht ein solches nachträglich. Auch die Wurzelbildung an Stecklingen gehört hierhin.

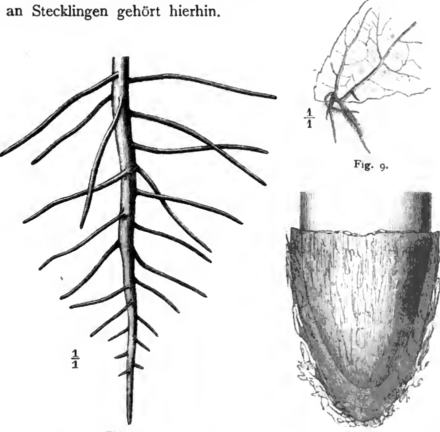


Fig. 9. Begonia spec.; Blattstück, das auf feuchtem Sand gelegen und Wurzeln getrieben hat, $^1/_1$.

Fig. 10. Pfahlwurzel mit akropetal entstehenden Seitenwurzeln, $^1/_1$.

Fig. 11. Wurzelspitze mit Wurzelhaube, st. v.

Die Wurzelverzweigungen sind nicht streng gesetzmässig, die Seitenwurzeln entstehen akropetal nicht dicht unter dem Vegetationspunkt, sondern in einiger Entfernung von ihm

(Fig. 10). Manche Gefässkryptogamen zeigen dichotomische Wurzelverzweigungen.

Die Seitenwurzeln entstehen endogen, d. h. sie gehen aus inneren Schichten der Hauptwurzeln hervor, ihre Rinde ist nicht eine Fortsetzung der Hauptwurzelrinde, sondern sie durchbricht dieselbe. Die Spitze der fortwachsenden Wurzeln (der Vegetationspunkt) wird fast immer von einer Wurzelhaube geschützt (Fig. 11) und beim Vordringen in der Erde unterstützt; dieselbe wird von innen erneuert, während die äusseren Zellen sich allgemach abstossen und verschleimen. Das Vorhandensein der Wurzelhaube und Fehlen der Blätter ist für die Wurzel bezeichnend (Ausnahmen: die Hauptwurzel des Keimlings von Trapa natans hat keine Wurzelhaube, und am Vegetationspunkt der Wurzeln von Anthurium sind Blattknospen beobachtet worden; ähnlich bei Neottia nidus avis).

Bei manchen Pflanzen (besonders Wasserpflanzen), z. B. Utricularia und Wolfia, fehlt die Wurzel ganz (Fig. 12), bei anderen Wasserpflanzen ist sie höchst einfach, z. B. Lemna (Fig. 13). Wenn die Wurzel fehlt, so muss ihre Aufgabe durch andere Organe gelöst werden, so z. B. bei der Orchidee Corallorrhiza durch den korallenartig verzweigten Wurzelstock, bei Utricularia (Fig. 12) durch fein zerteilte Blätter. Manche Wasserpflanzen, z. B. die Ceratophyllen, reissen sich bald los und erscheinen dann wurzellos, ohne es im eigentlichen Sinne zu sein. Die Humuspflanzen und Wurzelschmarotzer, z. B. Orobanche, haben wenige feiste Wurzeln (Fig. 30), welche die Wurzeln und unterirdischen Stammteile des Wirts umschlingen. Eine typische Landpflanze dagegen hat ein reichverzweigtes System dünner Wurzeln.

Echte Wurzeln besitzen nur die Gefässpflanzen (d. h. Pflanzen mit Gefässbündeln), dagegen haben die Zellenpflanzen (d. h. Pflanzen, die nur aus Zellen ohne Gefässe bestehen) nur Wurzelfasern, Rhizinen und Rhizoiden welche allerdings biologisch den echten Wurzeln gleich zu achten sind (Fig. 45, 47, 48, 54).

Entsprechend ihrer Bestimmung als Haftorgan, als welches sie Zugfestigkeit besitzen muss, und nach den mechanischen Gesetzen hat die Wurzel zentripetalen Bau,

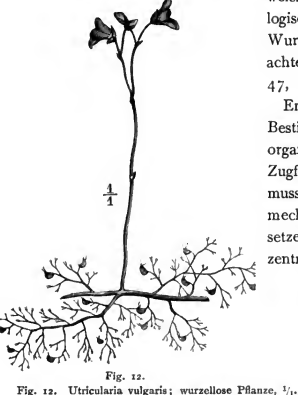


Fig. 12.



Fig. 13.

Fig. 12. Utricularia vulgaris; wurzellose Pflanze, $^1/_1$.
Fig. 13. Lemna minor; blattartiger Stengel mit einfacher Wurzel, $^1/_1$.

d. h. ihre Gefässbündel liegen meist ohne ein Mark übrig zu lassen in der Mitte des Querschnitts (Fig. 14). Die Zahl der Gefässbündel ist verschieden, 2 (diarche Wurzeln), 3 (triarche), 4 (tetrarche) etc.

Zwecks Aufnahme der Nährstoffe besitzen die Wurzeln nahe an der Vegetationsspitze akropetal neu entstehende

und wieder absterbende Wurzelhaare (Fig. 15b), einfache schlauchförmige Zellen, welche das Wasser nebst den Nährsalzen aus dem Boden aufsaugen und welche, um dies wirksamer

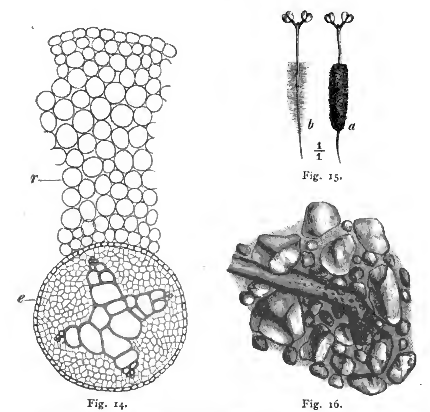


Fig. 14. **Ranunculus repens**; Wurzelquerschnitt, Zentralcylinder mit 4 Gefässbündeln, von der Endodermis = *e* und der Rinde = *r* umgeben, st. v.
Fig. 15. Junge Keimpflanze, *a* mit, *b* ohne Erde, 1/1.
Fig. 16. Wurzelfaserspitze im Erdboden zwischen den Erdkörnchen, st. v.

thun zu können, mit den Erdkörnchen verwachsen (Fig. 16), so dass sie um die Wurzel einen Pelz bilden (Fig. 15a).

Die Richtung der Wurzel ist im allgemeinen eine senkrechte; sie hat einen ausgesprochenen, durch die

Wirkung der Schwere erklärten Geotropismus, d. h. die Fähigkeit stets der Erde zuzuwachsen, also entgegen der Richtung des wachsenden Stengels. Allein die senkrechte Richtung der Wurzel ist nicht ausnahmslos, sie kommt auch meist nur der Hauptwurzel zu, während die Seitenwurzeln unter einem mehr oder weniger spitzen Winkel in den Boden wachsen, um dadurch die Pflanze fester in denselben zu verankern. Allein auch die Hauptwurzel kann, wie bei Meum athamanticum, schief in die Erde, oder wie bei Dictamnus albus, gar wagerecht wachsen. Nicht selten lässt sich die Richtung der Wurzel mit der Blattlage funktionell zusammenbringen: leiten die Blätter, weil sie zur Sprossachse spitzwinkelig stehen, das Regenwasser zur letzteren hin, so dass es an ihr hinunterlaufen kann, so hat die Pflanze ein mehr senkrecht nach unten wachsendes Wurzelsystem, leiten die Blätter, indem sie mit der Sprossachse stumpfe Winkel bilden, das Wasser dagegen nach aussen, so ist das Wurzelsystem zentrifugal ausgebreitet.

Die Konsistenz der Wurzel kann verschieden sein, gewöhnlich ist sie zwar reich an biegsamen festen anatomischen Elementen, ihrem Zweck entsprechend; harte Wurzeln sind seltener, doch verholzen sie an Sträuchern und Bäumen gleich der oberirdischen Sprossachse, fleischige Wurzeln haben eine andere Nebenfunktion, wie unten zu erörtern sein wird, manche Wurzeln zeigen einen mehr lockeren, andere (Ononis spinosa) einen faserigen Zusammenhang.

Damit hängt auch die Lebensdauer der Wurzeln zusammen, schwache, faserige Wurzeln sind meist einjährig, starke oder holzige mehrjährig; auch Wurzeln von zweijähriger Dauer giebt es.

2. Metamorphosierte Formen.

Die Wurzel kann anderen biologischen Zwecken angepasst sein, bezw. für ihre eigentlichen Zwecke, aber den äusseren Verhältnissen entsprechend, umgeformt sein.

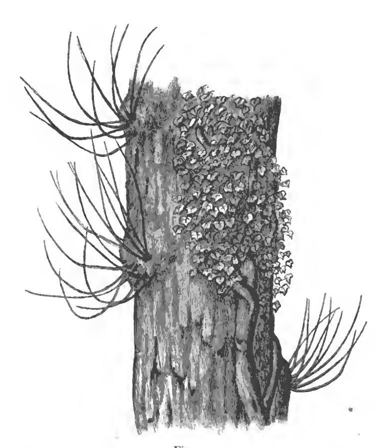


Fig. 17.

Fig. 17. Hedera Helix; Weidenstamm mit starker Epheupflanze, st. verkl.

Manche kletternde Pflanzen besitzen kurze starke Luftwurzeln, welche sich an die Unterlage anklammern (Epheu) (Fig. 17); dass dies thatsächlich gewöhnliche, aber meta-

morphosierte Wurzeln sind, zeigt der Umstand, dass derartige Wurzeln, wenn sie in die Erde hinein wachsen können, dünn und lang werden und wie sonst die Erdwurzeln arbeiten (Fig. 18 und 19). Manche Luftwurzeln wachsen säulenförmig zur Erde hinab und stützen die Pflanze, z. B. Pandanen (Fig. 20), andere Luftwurzeln

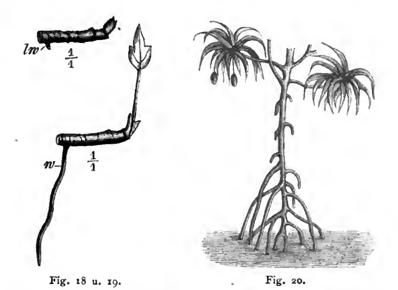


Fig. 18 u. 19. Fig. 20.

Fig. 18. Hedera Helix; Zweigende mit kleiner Luftwurzel = *lw*, $^1/_1$.
Fig. 19. Dasselbe in feuchtem Sand kultiviert, die Luftwurzel ist zur Erdwurzel *w* ausgewachsen, $^1/_1$.
Fig. 20. Pandane, mit Säulenwurzeln, st. verkleinert (nach Blume).

schlingen sich um eine sich ihnen bietende Stütze, werden also zu Ranken, z. B. bei Vanillaarten (Fig. 21 S. 24), auch bei Medinilla radicans, einige baumbewohnende Loranthaceen besitzen hakige Greifwurzeln; noch andere umfangen gürtelförmig den stützenden Stamm (Fig. 22 S. 24); auch wohl die plattenförmigen Wurzeln mancher tropischen Waldbäume (Fig. 23 S. 24) dienen zur Stütze.

Einem ganz umgeänderten Zweck dienen andere Wurzeln, oft werden sie zu Vorratsbehältern und schwellen

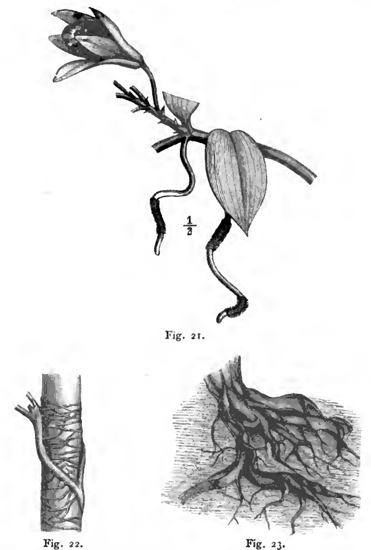


Fig. 21.

Fig. 22.

Fig. 23.

Fig. 21. Vanilla planifolia; Spross mit Rankenwurzeln, $^1/_2$ (mit teilweiser Benutzung von Berg und Schmidt).

Fig. 22. Ficus; gürtelförmige kletternde Luftwurzeln, st. verkl. (nach Kerner).

Fig. 23. Ficus elastica; Tafelwurzeln, st. verkl. (nach Engler u. Prantl).

an, indem sie ein reichliches Parenchymgewebe entwickeln, in welchem Reservestoffe angehäuft werden, so ist es z. B. bei den rübenförmigen Wurzeln der Phyteuma (Fig. 24), der Mohrrübe (Daucus carota), bei den knolligen Wurzeln der Thladianthe (Fig. 25) und bei den an der Basis unterirdischer Stammknospen entspringenden knolligen Nebenwurzeln von

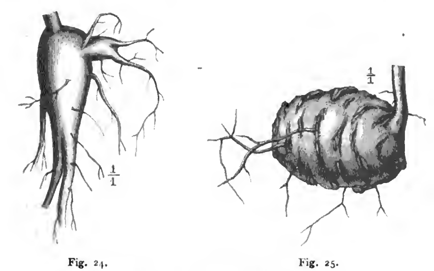


Fig. 24. Fig. 25.

Fig. 24. Phyteuma orbiculare; rübenförmige Wurzel, $^1/_1$.
Fig. 25. Thladianthe dubia; Knollenwurzel, $^1/_1$.

Ranunculus ficaria (Fig. 26 S. 26). An den Zwiebeln mancher Monokotylen (Gladiolus) finden sich rübenförmige Wurzeln, welche transitorische Speicher- und Aufnahmeorgane darstellen, die sich entwickeln, wenn die normale Ernährung auf irgend eine Weise gestört ist. Eine eigenartige Verbindung von Knollenwurzel und Zwiebel zeigt Oxalis tetraphylla (Fig. 27 S. 26). Bei manchen Pflanzen sind die Wurzeln zu Assimilationsorganen geworden; wenn nämlich die Assimilationsorgane fehlen oder dürftig sind, so können die

Wurzeln durch Bildung von Chlorophyll auch an deren Stelle treten (z. B. Angraecum globulosum und Podostemaceen). Senkrecht aus dem Boden emporwachsende Wurzeln tropischer Pflanzen der Sumpfvegetation sind Atmungsorgane, manche Wasserpflanzen besitzen zweierlei Wurzeln mit verschiedenen Funktionen, z. B. Jussieua (Fig. 28,

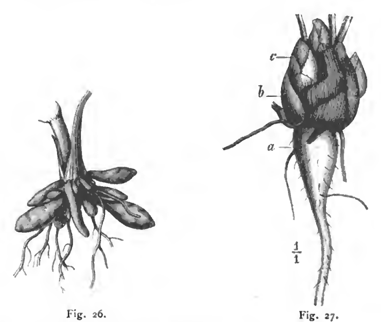


Fig. 26. Fig. 27.

Fig. 26. Ranunculus ficaria; Knollenwurzeln, $^1/_1$.

Fig. 27. Oxalis tetraphylla; Zwiebel und Knolle, *a* Wurzel, *b* Zwiebelschuppen, *c* = Achsillarzwiebel, $^1/_1$.

die dickeren Wurzeln sind Schwimmwurzeln, die anderen Nährwurzeln). Endlich seien noch die zum Schutz dienenden Dornenwurzeln mancher Palmen (Acanthorrhiza aculeata und Iriartea) erwähnt, auch bei der Myrmecodia sind die Dornen der Knolle ursprünglich Wurzeln.

In gewisser Beziehung gehört hierhin auch die Pilzwurzel oder Mycorrhiza einer grossen Anzahl von Pflanzen,

z. B. Heidekräuter, Alpenrosen, Kätzchenträger u. s. w. Dieselben büssen sehr bald die Fähigkeit ein, an den Wurzeln Wurzelhaare zu bilden, ergreifen daher einen im

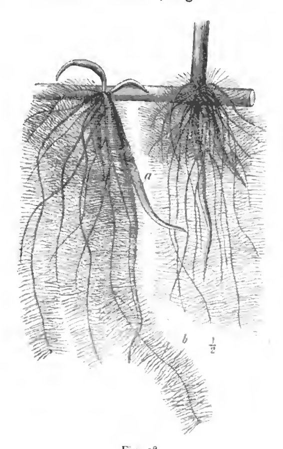


Fig. 28.

Fig. 28. Jussieua grandiflora; Pflanze mit zweierlei Wurzeln, *a* = Schwimmwurzeln, *b* = Nährwurzeln, $\frac{1}{2}$.

Humus und Heideboden enthaltenen Pilz und gehen mit ihm, indem er die Wurzelspitze verfilzt, eine Ernährungsgenossenschaft ein.

3. Reduzierte Formen.

Wurzeln, die ihre Eigenarbeit nicht mehr verrichten können, weil die ganze Lebensweise der betreffenden Pflanze sich geändert hat, werden zurückgebildet oder reduziert. Es bezieht sich das auf die Pflanzen, welche eine schmarotzende Lebensweise angenommen haben; hier haben die Wurzeln ja freilich noch dieselbe Aufgabe wie bei den selbständigen Pflanzen, also den Doppelzweck festzuhalten und Nahrung aufzusaugen, allein da hier das Substrat nicht mehr die Erde ist, muss auch das Organ ein verändertes sein. Man könnte daher denken, auch diese Organe seien ebenso gut wie die eben erörterten metamorphosiert; allein die Sache liegt doch etwas anders. Die Schmarotzerpflanzen lassen sich gewöhnlich genetisch auf andere selbständige Formen zurückführen, ferner liegt wohl auf der Hand, dass sie keine Fortbildung, sondern im Gegenteil eine Rückbildung erfahren haben; denn darüber besteht doch kein Zweifel, dass das Schmarotzerleben auf einer niedrigeren Stufe steht als das freie Leben, bei den metamorphosierten Organen kann man daher wohl eine Weiterentwickelung in gewisser Richtung erkennen, die Organe der Schmarotzer dagegen sind zurückgebildet.



Fig. 29. Thesium alpinum; Wurzel *w* mit Saugwarze auf der Wirtwurzel, mehrfach vergrössert.

Weniger tritt das zu Tage bei jenen sogenannten Wurzelschmarotzern, welche noch reichlich Chlorophyll und ein System von Erdwurzeln zum Festhalten und Ernähren besitzen, die aber doch immerhin auf andere Pflanzen angewiesen sind. Es sind das manche Scrophulariaceen (Rhinanthus, Pedicularis, Euphrasia) und

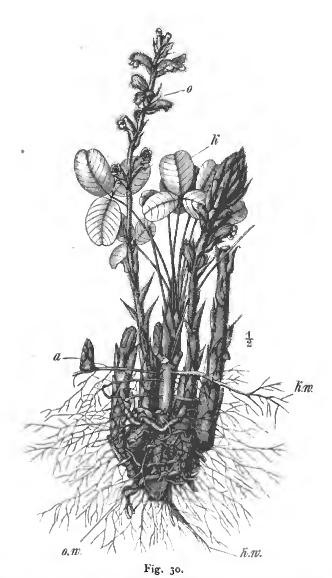


Fig. 30.

Fig. 30. Orobanche minor; Wurzelschmarotzer *o* auf Trifolium pratense *k*, die dicklichen korallenförmigen Wurzeln *ow* gehören der Orobanche, die Pfahlwurzel und die Fasern *kw* dem Trifolium an, links eine junge Orobanche-Pflanze *a* auf einer Trifoliumwurzel, $^2/_3$.

Thesium. Hier besitzen die normalen Erdwurzeln Haustorien (Fig. 29), Saugwarzen, welche sich platten-



Fig. 31. Viscum album; Mistelpflanze auf einem Akazienzweig, photographiert, verkleinert.

förmig der Wurzel anderer Pflanzen anlegen und einen kleinen zapfenförmigen Senker in dieselbe senden.

Je mehr der Parasitismus sich ausprägt, desto mehr steigert sich die Reduktion der Wurzeln, bei Cuscuta entsteht am Embryo aus der kleinen Wurzelanlage ohne Wurzelhaube eine kleine Wurzel, die nur so lange thätig ist, als es die Pflanze nötig hat, um eine lebende (nicht tote) Stütze zu finden, sodann geht sie zu Grunde und an dem

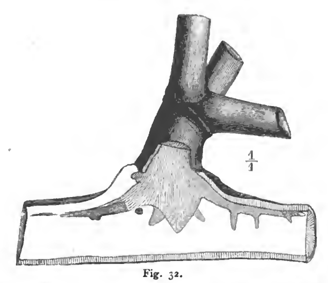


Fig. 32.

Fig. 32. Viscum album; auf dem Wirtsstamm sitzender Spross, samt diesem durchschnitten, um die Verwachsung beider und die Senkwurzeln zu zeigen, 1/1.

windenden Spross entstehen Haustorien, die man wohl als metamorphe Adventivwurzeln zu betrachten hat.

Echte Wurzelschmarotzer, wie die Orobanchen, besitzen kurze feiste Wurzeln (Fig. 30), welche sich den Wirtwurzeln anlegen und in sie, die gallenartig anschwellen, Haustorien senden.

Die auf dem Holzstamm der Wirtpflanze lebenden Parasiten, wie z. B. Viscum (Fig. 31), bilden an der kurz bleibenden Hauptwurzel seitlich abgehende Rindenwurzeln,

die unter der Rinde des Wirts verlaufen und von ihr aus in das junge Holz keilförmige Senker schicken (Fig. 32).

Besonders weitgehend ist die Rückbildung bei den Rafflesiaceen und Balanophoreen, bei ersteren finden sich an Stelle der eigentlichen Wurzeln an dem Vegetationskörper pilzhyphenartige Fäden, die in das Gewebe der Wirtpflanze eindringen und dem Mycelium eines Pilzes geradezu gleich zu stellen sind. Bei den Balanophoreen endlich stellt der Vegetationskörper lediglich eine Knolle dar, die dem Wirt aufsitzt, indem sie seine Rinde durchbricht, auf ihr sitzen die Blüten (Fig. 275).

4. Zur Entwicklung der Wurzeln.

Die erste Wurzel entsteht, wie gesagt, aus dem Würzelchen des Keimlings, wir müssen also zunächst die Entstehung dieses Würzelchens verfolgen. Hanstein hat sie von Capsella bursa pastoris und Alisma plantago beschrieben.

Nachdem durch Quer- und Längsteilungen aus der befruchteten Eizelle ein Zellkörper entstanden ist, an dem man die drei Schichten Dermatogen, Periblem und Plerom unterscheiden kann, entsteht an seinem unteren Ende die Anlage der Wurzel, und zwar aus einer besonderen Zelle der Hypophyse oder Anschlusszelle, welche sich durch eine Querwand teilt, die äussere der beiden Zellen teilt sich noch einmal durch eine Querwand. Die Zelle, welche man nun als äussere zu bezeichnen hat, teilt sich durch Längswände und bildet die erste Schicht der Wurzelhaube, während die darunterliegende zum Dermatogen der Wurzel wird, das an der Spitze teilungsfähig bleibt und daher

Meristeme bildet, aus welchen sich die Wurzelhaube und die Verlängerung der Wurzel bildet. Was diese Meristeme anbelangt, so zeigen sie mannigfache Verhältnisse: das Wurzelhaubenmeristem (Kalyptrogen) kann von den anderen unabhängig sein, wie bei den Monokotylen, oder es kann mit ihnen mehr oder weniger zusammenhängen, wie bei den Dikotylen.

Diese am Embryo entstandene Wurzel wächst bei der Keimung aus, bei den Dikotylen gewöhnlich zu einer langen Pfahlwurzel, bei den Monokotylen dagegen stellt sie ihr Wachstum ein und an ihre Stelle treten Nebenwurzeln.

Was das weitere Spitzenwachstum der Wurzel betrifft, so gehen die drei Schichten Dermatogen, Periblem und Plerom bei den Gefässkryptogamen aus einer Zelle (der Scheitelzelle) hervor, während sie bei den übrigen Gefässpflanzen ihre Entstehung einer Zellgruppe verdanken.

In der Dicke wächst die Wurzel, indem sich aus den Parenchymzellen, die auf der Innenseite der zuerst entstandenen Bastgruppen liegen, ein Meristem bildet, das nun nach Art des Stammkambiums nach innen Holz und nach aussen Bast bildet.

Über die Entstehung von Seitenwurzeln ist schon oben gesprochen, auch dass dieselben fast stets endogen entstehen. Der Gefässbündelkörper der Wurzel ist nach aussen von einer Zellschicht umgeben, die man Perikambium nennt, aus mehreren Zellen desselben entstehen die Seitenwurzeln bei den Samenpflanzen, während sie bei den Gefässsporenpflanzen ihren Anfang aus einzelnen Zellen der Innenrinde nehmen. Gewöhnlich sind es Perikambium-

zellen, die vor den Holzteilen (manchmal auch vor den Bastteilen) des Gefässbündelkörpers liegen, die Folge ist eine mehr oder weniger deutliche Längsanordnung der Seitenwurzeln an der Hauptwurzel (sowohl erster als auch höherer Ordnung).

Auch an ausgewachsenen Pflanzenteilen können Adventivwurzeln entstehen, in diesem Fall ist der Ort ihrer Bildung kein unbedingt gesetzmässiger, doch ist es meistens ein Zellverband, der sich die Teilbarkeit noch erhalten hat, so entstehen sie am Stammkambium (bei den Luftwurzeln von Hedera Helix, bei den Blattstecklingen von Begonia), bei Veronica Beccabunga z. B. sind es Zellen, die den Gefässbündelkörper umgeben. Bei Cardamine pratensis und Nasturtium-Arten entstehen die Seitenwurzeln auch exogen. — Manche Holzpflanzen, die sich durch Stecklinge vermehren, besitzen unter der Rinde in der Nähe der Knospen schlafende Wurzelanlagen, die sich erst entwickeln, wenn man die Zweigstücke in Erde bringt.

II.

Der Spross.

Der Spross ist derjenige Teil der Pflanze, welcher meist über die Erde tritt und Blätter und Blüten trägt. Sein erster Entstehungsort ist im Samen die sogen. Plumula des Keimlings, die sich bei der Keimung zur ersten Sprossachse mit Blättern streckt. An den Hauptsprossen können normal Seitensprosse entstehen, der morphologische Ort ihrer Entstehung ist im allgemeinen die Achsel eines Blattes (Fig. 235, 239, 242), doch können Adventivsprosse auch



Fig. 33. Asplenium bulbiferum; Spross auf einem Blatt wachsend, 2/3.

an anderen Orten entstehen, z. B. auch auf der Fläche eines Blattes, wie es Fig. 33 zeigt. Näheres darüber s. unten bei der Entwicklungsgeschichte der Sprosse.

1. Entwicklungsreihe der Sprossformen.

In der Reihe der Pflanzen lässt sich eine Stufenleiter ihrer Entwicklung finden, dem entsprechend auch eine

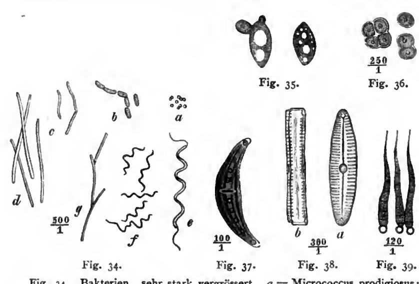


Fig. 34. Bakterien, sehr stark vergrössert. *a* = Micrococcus prodigiosus; *b* = Bacillus megaterium; *c* = Vibrio rugula; *d* = Leptothrix buccalis; *e* = Spirillum; *f* = Spirochaete buccalis; *g* = Cladothrix dichotoma.
Fig. 35. Saccharomyces cerevisiae, st. vergr.
Fig. 36. Pleurococcus vulgaris, $^{250}/_{1}$.
Fig. 37. Closterium moniliferum, $^{100}/_{1}$.
Fig. 38. Pinnularia, $^{300}/_{1}$.
Fig. 39. Rivularia, $^{120}/_{1}$.

Stufenleiter der Sprossformen, die noch nicht den normalen Charakter des Sprosses zeigen, solche Formen kann man rudimentäre nennen.

Die einfachsten Sprossformen bilden einzellige Pflanzen (Algen und Pilze), von denen wir folgende Formen nennen:

Bakterien (Fig. 34 *a—g)*, Sprosspilze, z. B. Saccharomyces (Fig. 35), Pleurococcus (Fig. 36), Desmidieen (Fig. 37), Diatomaceen (Fig. 38), Rivularia (Fig. 39). An allen diesen einfachsten Sprossen der Algen und Pilze ist von Blattanhängen nichts zu erkennen. Der rudimentäre Spross ist hier sozusagen Haft- (Wurzel-), Ernährungs- und Fortpflanzungsorgan in einer Person. Etwas höher stehen die Sipho-

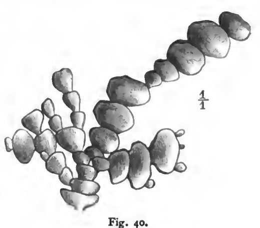


Fig. 40.

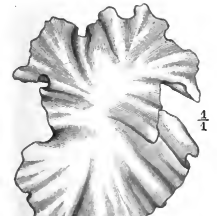



Fig. 41.

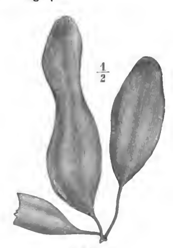


Fig. 42.

Fig. 40. Halymeda Tana, 1/1.
Fig. 41. Ulva lactuca, 1/1.
Fig. 42. Laminaria phyllitis, 1/1.

neen, bei denen die einzelne Zelle schon verwickelte Spross formen nachahmt, so ist Halymeda z. B. opuntiaartig (Fig. 40).

In den einfachsten fadenförmigen Sprossen (Fig. 52) ist die Zellteilungsfolge nur longitudinal, bei manchen Algen in zwei Richtungen, flächenförmig, Ulva (Fig. 41), oder endlich bei allen höheren Formen in drei Richtungen, körperlich. Eine deutlichere Differenzierung zeigen schon die Fucaceen (Fig. 42 und 43) und die Florideen (Fig. 44), doch auch hier sind noch nicht Blattanhänge vorhanden, bei manchen Fucaceen ist dagegen der ganze Spross blattartig (Fig. 42), bei anderen zeigen einzelne Sprossteile Metamorphose zu Schwimmblasen (Fig. 43).



Fig. 43. Cystoseira myrica, 2/3, photographiert.

Unter den Pilzen bilden Bakterien und Sprosspilze die einfachsten Sprossformen (Fig. 34 u. 35), andere zeigen trotz Einzelligkeit schon deutlich eine Art Haftorgan und einen Spross als Träger der Fortpflanzungsorgane, Mucor (Fig. 45, S. 40). Bei den zu den Pilzen zu rechnenden Flechten

bildet die ganze Pflanze oft nur einen krustenförmigen Überzug auf Steinen und Bäumen (Fig. 46 S. 40), oder die Arbeits-

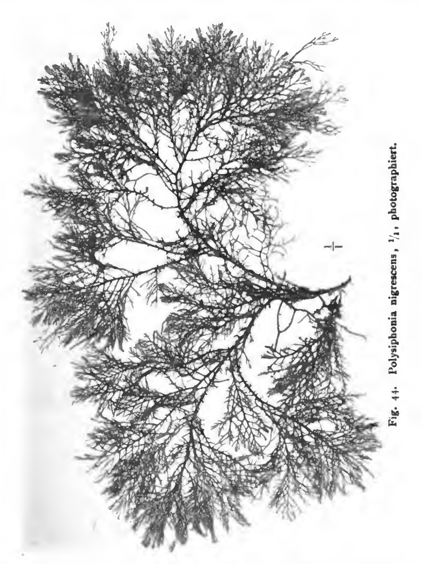


Fig. 44. Polysiphonia nigrescens, 1/1, photographiert.

teilung ist deutlicher, und wurzelartige Fasern heften den laubartigen Spross, welcher die Fortpflanzungsorgane trägt,

an das Substrat, Peltigera (Fig. 47), der Spross wird dabei oft becherförmig, Cladonia (Fig. 48), oder gar strauchartig, Evernia (Fig. 49), dagegen entspricht ein Hutpilz

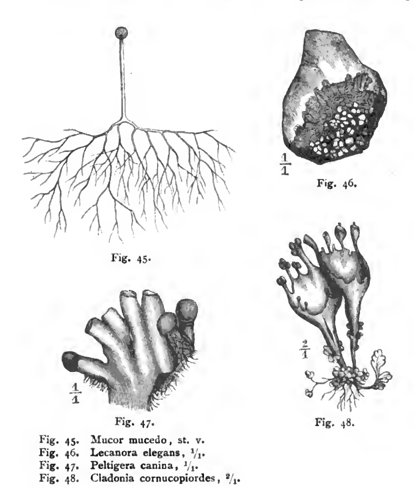


Fig. 45. Fig. 46. Fig. 47. Fig. 48.

Fig. 45. Mucor mucedo, st. v.
Fig. 46. Lecanora elegans, $^1/_1$.
Fig. 47. Peltigera canina, $^1/_1$.
Fig. 48. Cladonia cornucopiordes, $^2/_1$.

ganz einem Mucor, nur dass er ein mehrzelliger Körper und der Fruchtkörper zusammengesetzter ist (Fig. 50).

In allen diesen Fällen nennt man den Vegetationskörper L a g e r oder T h a l l u s (die betreffenden Pflanzen

Thallophyten), weil er sich lagerförmig der Unterlage anschmiegt.

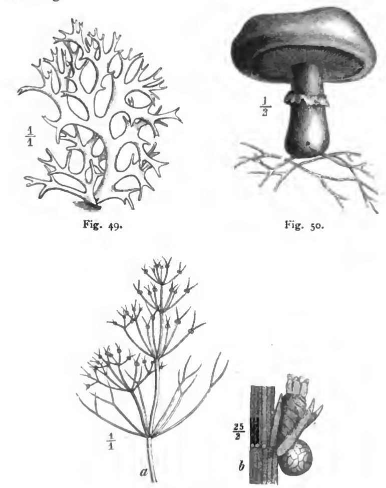


Fig. 49. Fig. 50.

Fig. 51.

Fig. 49. Evernia pinnastri, $^1/_1$.
Fig. 50. Agaricus campestris, $^1/_2$.
Fig. 51. Nitella flexilis; a = Teil des Sprosses, $^1/_1$; b = Sprossteil mit Blättern und Geschlechtsorganen, $^{25}/_1$.

Eine deutlichere Sonderung von Achse und Blatt findet man erst bei den höchsten Algen, den Characeen

(Fig. 51, bes. *b*). Alle höheren Pflanzen, d. h. von den Moosen an aufwärts, besitzen am Spross, soweit sie normale Lebensweise haben, Blätter. Dabei ist aber bemerkens-

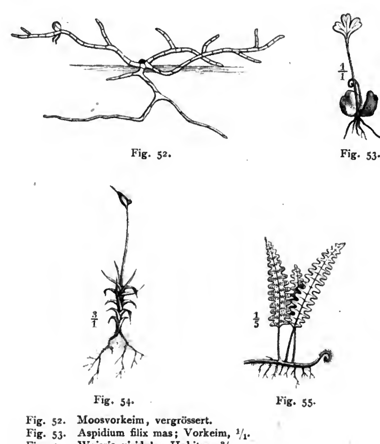


Fig. 52. **Moosvorkeim, vergrössert.**
Fig. 53. **Aspidium filix mas; Vorkeim, $^1/_1$.**
Fig. 54. **Weissia viridula; Habitus, $^3/_1$.**
Fig. 55. **Polypodium vulgare; Habitus, verkleinert.**

wert, dass die niedrigsten derselben im Lauf der Einzelentwicklung die niederen Sprossformen als Jugendzustand wiederholen, so haben die Moose meist einen fadenförmigen algenartigen Vorkeim (Fig. 52) und die Farnkräuter meist einen

flächenförmigen ulvaartigen Vorkeim (Fig. 53), auf dem die eigentliche Pflanze entsteht. Diese zeigt stets Sonderung des Sprosses in Stengel und Blatt (Fig. 54 und 55).



Fig. 56. Setaria germanica; **Habitus, 1/3.**
Fig. 57. Stellaria nemorum; **Habitus, 2/3.**

Von den normalen höheren Sprossformen sei, um die vorstehend erläuterte Entwicklung abzuschliessen, der zwei hauptsächlichsten gedacht, des unverzweigten monokotylen Sprosses (Fig. 56) und des mehr oder weniger reich verzweigten dikotylen Sprosses (Fig. 57), ein Verhältnis, das sich auch bei Baumformen wiederholt (Fig. 237 u. 238).

Vergl. auch die unten gegebene Entwicklung der Blattgestalt.

2. Die Jugendformen der Sprosse (Knospe und Knospenschutz).

Die Jugendform des ersten Sprosses einer Pflanze ist die „Plumula" des Samens (Fig. 6), aus welcher bei der

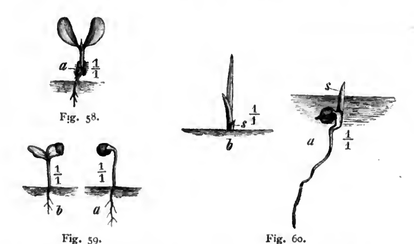


Fig. 58. Clianthus Dampieri; Keimung, bei *a* die trockene Samenschale, $^1/_1$.

Fig. 59. Cheiranthus Cheiri; Keimung, *a)* erstes Stadium, *b)* zweites Stadium mit Entfaltung der Keimblätter, $^1/_1$.

Fig. 60. Lapeyrousia spec.; Keimung, *a)* das scheidenförmige Keimblatt *s* tritt eben über die Erde; *b)* aus der Scheide des Keimblattes *s* sind die ersten Blätter hervorgegangen, $^1/_1$.

Keimung der sich immer weiter entwickelnde Hauptspross der Pflanze entsteht (Fig. 7, 8, 58—60); aus der grossen

hierbei sich offenbarenden Mannigfaltigkeit sind hier nur wenige Beispiele gegeben, bei Fig. 58 und 59 tritt der Same mit über die Erde, bei Fig. 7, 8 und 60 bleibt er in der Erde.

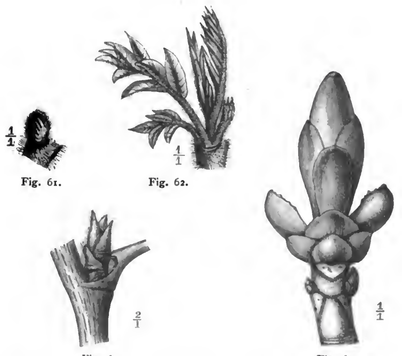


Fig. 61. Rhus typhina; nackte Knospe, 1/1.
Fig. 62. Dieselbe; ältere Knospe, zum Schutz mit Drüsenhaaren.
Fig. 63. Hedera Helix; aufbrechende Knospe, 2/1.
Fig. 64. Aesculus hippocastanum; aufbrechende Knospe, 1/1.

Bei Unterbrechung der Vegetation in der kalten Jahreszeit bilden sich am Ende des Stammes und der Zweige Knospen aus. Dieselben enthalten jugendliche Sprosse in einer mannigfachen Hülle von Niederblättern, welche stets den Zweck hat, den jungen Spross gegen Kälte und

Feuchtigkeit zu schützen. Manche verholzten Pflanzen haben keine besonderen Knospen dieser Art, ihr junger Spross ist nackt (Robinia, Rhus, Fig. 61 u. 62). Manchmal besteht die Knospe aus wenigen kleinen Blättchen, welche beim Aufbrechen auseinanderrücken (Fig. 63).

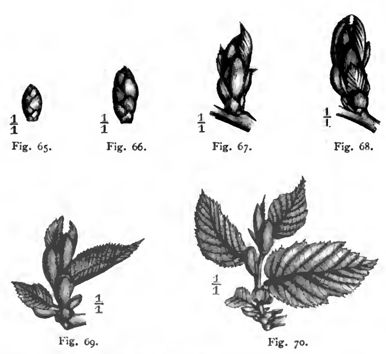


Fig. 65. Fig. 66. Fig. 67. Fig. 68.

Fig. 69. Fig. 70.

Fig. 65—70. Corylus avellana; Knospenentwicklung, 1/1.

Meist sind die Niederblätter der Knospenhülle halbkugelig über den jungen Spross gewölbt (Fig. 64) (bei Aesculus wie auch sonst oft harzig), oft auch zum Schutz haarig (Fig. 61—63).

Bei der Knospenentfaltung wächst der junge Spross und sprengt die Schuppen, letztere schlagen sich zurück und fallen endlich ab (Fig. 65—70). Der junge Spross

selbst ist entweder innerhalb der Hülle noch embryonal (Fig. 71 und 72) oder sogar schon soweit ausgebildet, dass

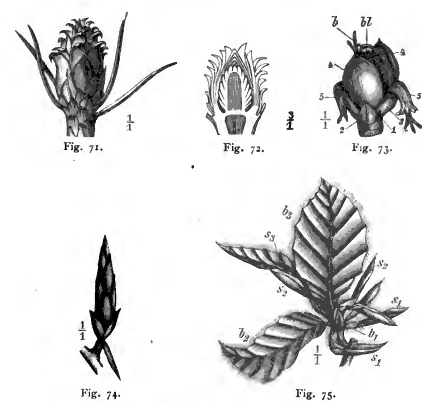


Fig. 71. Fig. 72. Fig. 73.

Fig. 74. Fig. 75.

Fig. 71. Picea vulgaris; Laubknospe, $^2/_1$.
Fig. 72. Dasselbe im Längsschnitt, $^3/_1$.
Fig. 73. Sambucus nigra; Knospenentfaltung, $^1/_1$. 1—5 = die 5 ersten Paar Knospenschuppen, b = erstes Laubblatt, bl = Blüte.
Fig. 74. Fagus silvatica; Knospe, $^1/_1$.
Fig. 75. Dieselbe entfaltet, $^1/_1$. Die Knospenschuppen sind die Nebenblätter verkümmerter Laubblätter, b_1 = erstes verkümmertes Laubblatt, s_1 und s_1 = dessen Nebenblätter, b_2 = erstes ausgebildetes Laubblatt, s_2 und s_2 = dessen Nebenblätter, b_3 = drittes Laubblatt.

die Blüten zu erkennen sind (Fig. 73). Bei der Entfaltung bleiben die Knospenschuppen unverrückt an ihrem Ort (Fig. 74 und 75), oder sie werden wie bei Salix

zusammenhängend abgehoben, oder sie wachsen auch wohl beträchtlich weiter und nehmen zuerst an der Assimilation teil, Ailanthus (Fig. 76—79).

Morphologisch sind die Knospenschuppen meist Niederblätter (s. unten), welche aus dem Blattgrund einer Laubblattanlage hervorgehen und oft auch noch die Anlage der Spreite

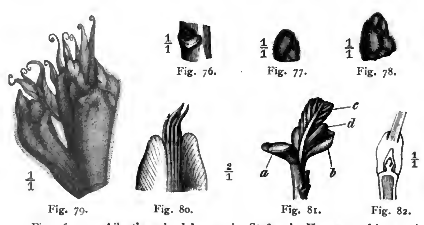


Fig. 76—79. **Ailanthus glandulosus**; vier Stufen der Knospenentfaltung mit weiterwachsenden Knospenschuppen, $^1/_1$.

Fig. 80. **Aesculus hippocastanum**; Knospenschuppe mit Spreitenanlage, $^2/_1$.

Fig. 81. **Alnus glutinosa**; Endknospe, $^1/_1$. c = Laubblatt, a u. b = Nebenblätter der Knospenschuppe, d = dritte Knospenschuppe.

Fig. 82. **Virgilea lutea** Michx., angeschwollener Blattstielgrund im Längsschnitt, in demselben ist die Knospe eingeschlossen, $^1/_1$.

erkennen lassen (Fig. 80). Sie sind aber auch oft die beiden Nebenblätter des untersten normalen Laubblattes, Alnus (Fig. 81), oder auch noch der folgenden Laubblätter (Fig. 65—70, 74, 75).

Nicht selten fehlen die Knospenschuppen und die jungen Sprosse sitzen statt dessen in dem polsterartig verdickten Blattgrund, rings von diesem umschlossen, Virgilea (Fig. 82).

Als ein wirksamer Schutz der Knospe sind auch die über sie gebeugten Dornen von Gleditschia triacanthos anzusehen (Fig. 83).

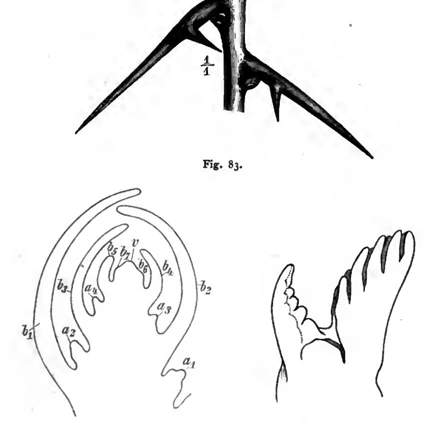


Fig. 83.

Fig. 84 A. Fig. 84 B.

Fig. 83. Gleditschia triacanthos; Dornen über den Knospen als Schutz, $^1/_1$.
Fig. 84 A. Schema einer Vegetationsspitze; v = Vegetationspunkt, b_1—b_7 = Blätter in der Reihenfolge ihrer Entstehung. — B. Pastinaca sativa; Blatt- und Blütenanlage, stark vergrössert.

Die fortwachsende Vegetationsspitze ist embryonales Gewebe, an dem die Blätter als kleine Zäpfchen hervortreten (Fig. 84 A und B), oft wird sie nur durch die

konkaven übergewölbten älteren Blätter geschützt, oft aber auch durch besondere Blattorgane: bei Liriodendron durch die zu einer Art Kapsel zusammengeneigten Nebenblätter (Fig. 85), besonders deutlich ist das bei Pisum (Fig. 86) und bei Amicia (Fig. 87), wo die Nebenblätter zunächst aufrecht stehend die junge Knospe schützen; ist letztere

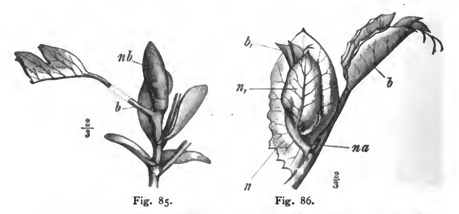


Fig. 85. Fig. 86.

Fig. 85. Liriodendron tulipifera; $^2/_3$. *b* = letztes Laubblatt, *nb* = dessen zusammenschliessende Nebenblätter, in denen man das nächste Blatt zusammengefaltet sieht. Die Spreiten der Laubblätter, die je zwei ausgebreitete Nebenblätter haben, sind abgeschnitten, von *b* ist die Spreite an verkürztem Stiel gezeichnet.

Fig. 86. Pisum sativum; Knospe nach Entfernung des einen deckenden Nebenblattes, $^1/_1$. *b* = in Entfaltung begriffenes Blatt, *n* = Nebenblatt desselben, *na* = Insertionsstelle des vorderen entfernten Nebenblattes, *n,* = Nebenblatt des nächstjüngeren Blattes; das Nebenblatt *n,* zeigt unten rechts deutlich einen am Rand gezähnelten und zusammengelegten Teil.

aufgegangen, so schützen sie sich senkend den erstarkenden jungen Stengel, und wenn sie nicht mehr nötig sind, fallen sie ab. Bei Rumex wird die fortwachsende Spitze durch die Tute (Fig. 88 S. 52) und bei Angelica sehr deutlich durch die bauchige Blattscheide geschützt (Fig. 89 S. 52).

Da das junge Blatt in der Knospe nur einen kleinen Raum einnehmen kann, ist es in mannigfacher Weise

gefaltet, dies hat gleichzeitig den Schutz des jungen, noch nicht gekräftigten Chlorophylls zum Zweck (siehe Figurenerklärung von 90—99 S. 53), zu gleichem Zweck sind die Blätter der aufbrechenden Knospe besonders gestellt: die jungen Nadeln von Picea stehen büschelig zusammen,

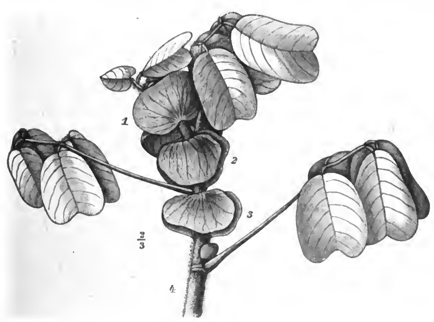


Fig. 87.

Fig. 87. Amicia Zygomeris; Spross mit Nebenblättern, die aufrecht stehen, sich später aber zurückschlagen; bei 1 ist das eine vordere Nebenblatt noch aufrecht, bei 2 und 3 sind beide Nebenblätter abwärts geschlagen, bei 4 sind sie abgefallen, das darunter liegende Internodium ist gestreckt, bei 1—3 noch nicht, $^2/_3$.

sodass die Sonnenstrahlen ihnen parallel laufen (Fig. 100 S. 54). Besonders wirksam in dieser Hinsicht ist auch die spiralige Aufrollung der jungen Wedel bei den Farnen (Fig. 101 S. 54) und die Einrollung der Spreitenhälfte nach innen (Fig. 102 S. 54); in demselben Masse, wie die Aufrollung vor sich geht, erstarkt das Chlorophyll.

Nicht immer nehmen die Sprosse, die aus den Samen (bezw. Sporen) -entstehen, sofort die endgültige Form und Ausbildung an, oft durchlaufen sie vielmehr zunächst einen anderen Zustand, es ist das ein Verhältnis, das man mit



Fig. 88. Fig. 89.

Fig. 88. Rumex acetosa; Knospenentfaltung, 1—4 = die vier Blätter dem Alter nach, *a* = Tute von Blatt 1, *b* = Tute von Blatt 2, 1/1.

Fig. 89. Angelica silvestris; Blattscheide aufgeblasen, als Schutz der jüngeren Knospe und des Blütenstands, 1/2.

der tierischen Metamorphose (z. B. der Insekten) vergleichen kann, oder wohl noch zutreffender mit dem Generationswechsel; wir finden das vor allem bei niedrigen Pflanzen, so bei einigen Florideen: Polysiphonia Binderi beginnt

ihr Leben mit einem cylindrischen Spross, an ihm entstehen ganz anders gestaltete Flachsprosse und an diesen treten wieder cylindrische Sprosse auf, welche die Geschlechtsorgane tragen. Auch bei Lemanea findet sich ein dem

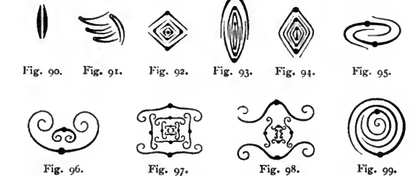


Fig. 90—99 Typen der Knospenlage.

Fig. 90. Praefoliatio applicativa, die Blattflächen liegen aufeinander (Viscum album).

Fig. 91. Pr. conduplicativa; die Blätter sind der Länge nach zusammengelegt (Rosa).

Fig. 92. Pr. imbricativa; die einander gegenüberstehenden sich mit den Rändern berührenden Blätter umfassen gemeinsam alle übrigen (Syringa).

Fig. 93. Pr. amplexa; ähnlich, aber das äusserste Blatt umfasst auch die Ränder des zweiten (Haemerocallis).

Fig. 94. Pr. equitantia quadriquetra; ähnlich, das äusserste Blatt umfasst das zweite ganz, die Knospe ist vierkantig (Carex-Arten).

Fig. 95. Pr. semi-amplexa; die Blätter umfassen sich nur halb (Salvia).

Fig. 96 u. 97. Pr. involutiva; die Ränder sind nach der oberen Blattfläche umgerollt (Pirus).

Fig. 98. Pr. revolutiva; die Ränder sind nach der unteren Blattfläche umgerollt (Salix).

Fig. 99. Pr. convolutiva; die eine Hälfte der Blattfläche ist über die andere hingerollt (Prunus Armeria).

entsprechendes Verhalten. Lange bekannt sind ja die Jugendformen der Moose und Gefässsporenpflanzen, die man als Vorkeime bezeichnet. Die Vorkeime der Moose lassen sich auf verzweigte Fäden zurückführen (Fig. 52), auf deren oberirdischen Zweigen vegetativ Laubknospen

und aus ihnen die Geschlechtsgeneration darstellende Moossprosse entstehen. — Auch die Gefässkryptogamen besitzen Vorkeime als erste Jugendformen, dieselben sind

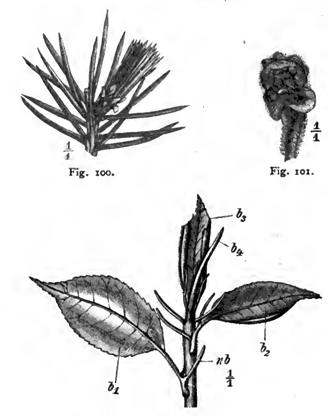


Fig. 102.

Fig. 100. Picea vulgaris; Zweig mit jungem Laubtrieb, Nadeln alle nach oben zusammengeneigt, $^1/_1$.

Fig. 101. Scolopendrium officinarum undulatum; Aestivatio circinalis des Wedels, $^1/_1$.

Fig. 102. Pirus communis; Knospenentfaltung, $^1/_1$.

aber hier im Gegensatz zu denen der Moose nicht die ungeschlechtliche, sondern gerade die geschlechtliche Generation, welche die Fortpflanzungsorgane trägt: der

ungeschlechtliche Spross (den man im gewöhnlichen Leben als Farn, Schachtelhalm u. s. w. bezeichnet) entsteht durch Befruchtung. — Auch bei den Samenpflanzen trifft man auf derartige Vorkommnisse, dahin gehört es schon, wenn die Erstlingsblätter bei der Keimung eine von der typischen abweichende Form haben (Fig. 117), was wohl zum Teil als Hemmungserscheinung aufzufassen ist; auch Moose und Farne zeigen eine derartige Verschiedenheit in der Folge der Blattgestalt. Die Koniferen tragen ihre nadelförmigen Blätter nur an Kurztrieben, die im Winkel schuppenförmiger Blätter sitzen; die Keimpflanze besitzt jedoch Nadeln ohne Schuppen und die Keimpflanzen von Koniferen, die nur Schuppenblätter besitzen, haben auch Nadeln.

Pflanzen, welche ihrer Lebensweise gemäss Abweichungen von den gewöhnlichen Verhältnissen zeigen, lassen in der Jugend oft jene normalen Formen erkennen, so z. B. besitzen die Keimpflanzen von Pflanzen mit verkümmerten Blättern und blattartigen Sprossen normale Blätter (das lässt sich z. B. bei Colletia, Fig. 270, nachweisen). Pflanzen mit Blattranken besitzen an deren Stelle im Keimlingszustand normale Erstlingsblätter, und ähnliches beobachtet man bei insektenfressenden Pflanzen.

Treten solche Jugendformen an erwachsenen Sprossen auf, so spricht man von „Rückschlagserscheinungen“.

Es liegt nicht in der Aufgabe eines „Grundrisses“, auf diese Verhältnisse näher einzugehen, es muss genügen, sie hier berührt zu haben. Bezüglich der Bedeutung dieser Erscheinungen sei nur noch gesagt, dass sie oft auf gewisse Hemmungen und auf äussere Einwirkungen zurückzuführen sind und dass man durch sie oft in den Stand gesetzt

ist, die verwandtschaftlichen Beziehungen der betreffenden Pflanzen klar zu legen.

Anmerkung. Bezüglich der Blattbezeichnungen u. s. w im Vorstehenden siehe das Folgende. Da das Blatt doch in engster Beziehung zum Stengel steht und ihre gegenseitige Ausbildung von einander abhängig ist, wollen wir vor den verschiedenen Sprossformen die Teile des Sprosses, nämlich Blatt und Achse (Stengel), betrachten.

III.

Das Blatt.

Das Blatt ist in seiner normalen Ausbildung (Fig. 116) das Organ der Pflanze, welches der Nahrungsaufnahme (nämlich der Kohlensäure) und Nahrungsverarbeitung (Assimilation), sowie der Atmung und Transpiration dient, dementsprechend besteht es aus einem der Luft eine breite Fläche darbietenden Teil (Spreite) und einem diesen an die Achse anheftenden Träger (Blattstiel), siehe unten. Der unten erörterte anatomische Bau lässt den Arbeitszweck des Blattes deutlich erkennen.

1. Die Entwicklung der Blattgestalt.

Die niedrigsten Pflanzen, die sogenannten Thallophyten: Algen und Pilze, haben, wie schon gesagt, keine Blätter, hier tritt biologisch der ganze mehr oder weniger blattartige Spross an die Stelle des Blattes und besorgt die Assimilation. Auch bei den niedrigsten Moosen, den Lebermoosen, ist der lagerförmige Spross oft blattlos (Fig. 103 S. 58), andere besitzen auf der Unterseite des

Lagers blattähnliche Häutchen (Fig. 104), andere haben deutliche Blätter (Fig. 105). Bei manchen finden sich

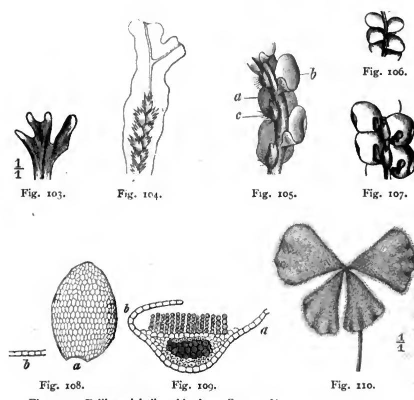


Fig. 103. Fig. 104. Fig. 105. Fig. 106. Fig. 107. Fig. 108. Fig. 109. Fig. 110.

Fig. 103. Pellia epiphylla; blattloser Spross, $^1/_1$.
Fig. 104. Blyttia Lyellii; Thallus mit Blattanlagen, nach Bischoff.
Fig. 105. Jungermannia spec.; Spross vergr.
Fig. 106. Frullania dilatata; Spross, *a* und *b* = Blätter, *c* = Unterblatt, vergr.
Fig. 107. Jungermannia pumila; Spross, Blätter mit Wasserbehältern, vergr.
Fig. 108. Hookeria spec.; Blatt, aus einer Zellfläche bestehend, *a* von der Fläche, *b* im Durchschnitt, stark vergr.
Fig. 109. Polytrichum; Blatt quer durchschnitten, bei *b* ist die Blattfläche über die Zellfäden der Mittelrippe herübergeschlagen, stark vergr.
Fig. 110. Marsilia; vierteiliges Blatt, $^1/_1$.

auf der Unterseite des Stengels kleine Unterblätter oder Amphigastrien, und die grösseren Oberblätter haben einen Lappen, der sich entweder einfach umschlägt (Fig. 105 u. 106)

oder ein besonderes tuten- oder retortenförmiges Organ bildet (Fig. 107), welches zum Aufnehmen resp. Festhalten von Wasser dient.

Die Laubmoose haben oft noch ganz einfache Blätter, deren Fläche nur eine Zelle dick ist (Fig. 108), oft sind sie aber schon merkwürdig differenziert und zeigen bereits eine Mittelrippe, auf welcher bei Polytrichum fadenförmige chlorophyllreiche Assimilationsorgane stehen, das eigentliche Blatt ist noch eine Zelle dick und schlägt sich über letztere herüber (Fig. 109), wenn die Transpiration vermindert werden soll. Bei den ausgebildeten Gefässkryptogamen ist die Scheidung in Stengel und Blatt eine vollkommene, und das Blatt hat daher schon die Ausbildungsweise der Phanerogamen (Fig. 110); oft hat es jedoch neben der Assimilationsthätigkeit noch eine besondere Funktion, indem es die Sporen, d. h. Fortpflanzungsorgane, trägt.

2. Die Formen des typischen Blattes.

An den höheren Pflanzen lassen sich im Laufe der Einzelentwicklung (wie auch des einzelnen Seitensprosses) mehrere Kategorien (Metamorphosenstufen) von Blättern unterscheiden, welche der Reihe nach auftreten: Keimblätter, Niederblätter, Laubblätter, Hochblätter, Blütenblätter (letztere betrachten wir gesondert als Fortpflanzungsorgane). Der Zusammenhang dieser Blattkategorien wird aus den unten gegebenen entwicklungsgeschichtlichen Erörterungen klar werden.

a. Das Keimblatt.

Die noch im Samen ruhende junge Pflanze hat ausser dem jungen Spross ein bis zwei, auch wohl mehr grössere

Keimblätter, Samenlappen (Fig. 1), — manchmal sind sie zweispaltig (Fig. 111), — welche dem Schutz und der Ernährung des jungen Sprosses dienen. Die Zahl ist bei vielen Pflanzen konstant: die Monokotyledonen haben stets ein einziges Keimblatt, die Dikotyledonen meist zwei und die Gymnospermen zwei bis fünfzehn (quirlig gestellt). Manche, besonders parasitische Pflanzen besitzen keine Samenlappen. Bei der Keimung des Samens bleiben sie

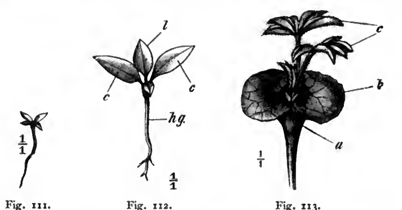


Fig. 111. Fig. 112. Fig. 113.

Fig. 111. **Dianthus barbatus**; Keimpflanze mit scheinbar vier Keimblättern, die durch Spaltung entstanden sind, $^1/_1$.

Fig. 112. Atropa Belladonna; Keimpflanze mit Kotyledonen, die den Laubblättern gleich sind und wie diese fungieren; *c* = Kotyledonen, *l* = erstes Laubblatt, *hg* = hypokotyles Glied, $^1/_1$.

Fig. 113. Lupinus; Keimpflanze, *a* = Scheide der Kotyledonen, *b* = Kotyledonen, *c* = erste Laubblätter.

entweder in der Erde (hypogäische Keimung) und vertrocknen dort (Fig. 7), oder aber sie treten über die Erde hervor (epigäische Keimung); auch in diesem Fall vertrocknen sie manchmal bald; oder aber sie haben noch eine andere Bedeutung, so z. B. dienen sie, indem sie ergrünen, manchmal schon wie die folgenden echten Laubblätter der Ernährung (Fig. 112), oder sie dienen zunächst

den durchbrechenden Blättern zum Schutz und zugleich, da sie gross und grün sind, zur Assimilation (Fig. 113). Die unterirdisch bleibenden Keimblätter sind farblos und dicklich als Nahrungsspeicher, gewöhnlich von sehr einfacher Form. Die über die Erde tretenden haben oft eine stärkere Gliederung. Im Samen sind die Samenlappen oft vielfach gefaltet. Eine ganz merkwürdige Bedeutung erlangt das Keimblatt bei Monokotyledonen, besonders bei

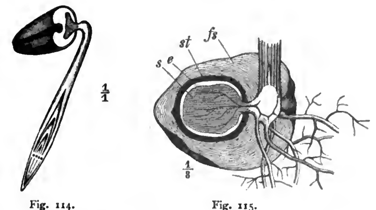


Fig. 114. Fig. 115.

Fig. 114. Phoenix dactylifera; Keimung, der Same und die aus ihm vorgeschobene Keimpflanze im Längsschnitt, $^1/_1$.

Fig. 115. Cocos nucifera; Keimung, *fs* = faserige, *st* = harte Fruchtschale, *e* = Endosperm, *s* = Saugapparat des Embryos, $^1/_8$ (mit Benutzung von Sachs).

einigen Palmen, z. B. Phoenix dactylifera, indem es in dem Eiweiss stecken bleibt und letzteres, zu einem Saugorgan auswachsend, allmählich aufsaugt (Fig. 114), ganz besonders deutlich ist dieser Saugapparat bei Cocos nucifera ausgebildet (Fig. 115); auch bei anderen monokotylen Familien bildet ein Teil des Kotyledonarstammes einen Saugapparat, während der andere (Scheidenteil) die junge Knospe schützt, z. B. bei Irideen (Fig. 60).

b. Das Niederblatt.

Niederblätter sind die Blätter an unterirdischen Sprossen und an oberirdischen, solange dieselben im Ruhezustand verharren. An Wurzelstöcken sind es kleine braune Schuppen (Fig. 244 u. 245), ähnlich auch an oberirdischen Ausläufern (Fig. 243), eine besondere Ausbildung erfahren sie an der Zwiebel, woselbst sie fleischig verdickt sind und die Reservestoffbehälter bilden (Fig. 250 und 252). An Knospen leiten sie wie an unterirdischen Sprossen die Blattbildung ein und dienen zum Schutz (Fig. 63—81), an unterirdischen Sprossen sind sie als Hemmungsbildungen aufzufassen.

c. Das Laubblatt.

Das Laubblatt (oder Mittelblatt, wie man es seiner Stellung an der Pflanze nach nennen kann) (Fig. 57 u. 116) hat drei Teile: Blattgrund, Blattstiel und Blattspreite. Es nimmt bei der Entwicklung der jungen Pflanze nicht sofort seine eigentliche, für die Art bezeichnende Gestalt an, sondern oft entstehen erst sogenannte Erstlingsblätter, die meist einfach und z. B. bei Pflanzen mit sonst geteilten Blättern ungeteilt sind (Fig. 117).

Der deutlich ausgebildete Blattgrund ist eine offene oder geschlossene Scheide (Fig. 118). Dieselbe dient bei den Gräsern zum Schutz des Stengels, der dann über dem Knoten, d. h. der Ansatzstelle des Blattes am Stengel, besonders zart ist, oder er ist Hülle und Schutz der Knospen und Blüten (Fig. 89).

Zu den Gebilden des Blattgrundes gehören auch die Nebenblätter, die seitlich am Blattstiel stehen. Sie dienen zum Schutz der noch nicht ausgebildeten Spreite oder

der Seitenknospe, sind dieselben fertig, so können die Nebenblätter schwinden. Sie sind daher entweder klein und fallen bald ab (Fig. 102 u. 116), oder grösser und dann auch gewöhnlich bleibend (Fig. 119 S. 64 und folg.), sie können oft sogar die Spreite oder deren Teile an Grösse übertreffen, wie schon bei der Erbse (Fig. 120 S. 64)

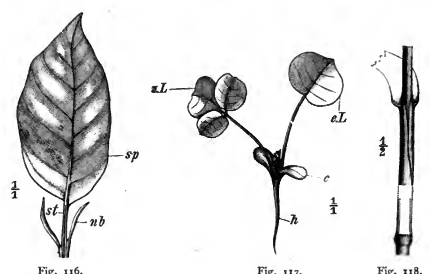


Fig. 116. Fig. 117. Fig. 118.

Fig. 116. Pirus communis; typisches Blatt, st = Blattstiel, sp = Spreite, nb = Nebenblatt, $^1/_1$.

Fig. 117. Melilotus officinalis; Keimpflanze, Blattmetamorphose, das erste Laubblatt ist noch nicht dreizählig, aber so gross wie die anderen drei zusammen, h = hypokotyles Glied, c = Kotyledon, $e. L$ = erstes Laubblatt, $z. L$ = zweites Laubblatt.

Fig. 118. Avena; Halmstück mit Blattscheide, $^1/_2$, aber verkürzt.

deutlich, noch deutlicher ist dies, wenn die Spreite ganz verkümmert resp. anderen Funktionen als der Assimilation dient, die dann eben von anderen Teilen (hier Nebenblatt und Stengel) übernommen werden muss (Lathyrus aphaca, Fig. 121 S. 65, s. auch Fig. 218). — Gewöhnlich stehen die Nebenblätter an der Seite des Blattstiels

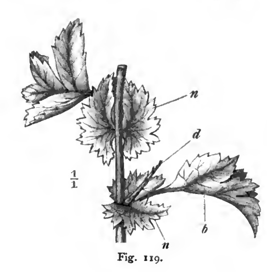


Fig. 119.



Fig. 120.

Fig. 119. Crataegus oxyacantha; Stengelstück mit kragenförmigen Nebenblättern und zum Dorn umgewandeltem Achselspross, *b* = Blatt, *n* = Nebenblatt, *d* = Dorn mit Blattanlagen, 1/1.

Fig. 120. Pisum sativum; Blatt, gefiedert mit Nebenblättern und Blattranken, *n* = Nebenblätter, *fbl* = Fiederblättchen, *br* = Blattranke, 2/3.

(Crataegus, Fig. 119), manchmal mehr nach dem Blattwinkel zugerückt (Pisum, Fig. 120), manchmal sogar dem Blatt gegenüber (Ornithopus scorpioides), oft sind sie dem Blattstiel angewachsen (Melilotus, Fig. 122 S. 65), zuweilen auch der Sprossachse (Astragalus glyciphyllos), auch wohl beiden (Anthyllis vulneraria), bei Humulus sind sie untereinander verwachsen (Fig. 123 S. 65). Was die Form der Nebenblätter anbelangt, so bilden sie gewöhnlich zwei symmetrische Hälften, sie sind wohl stets einfach und nie geteilt, dagegen kann die Teilung des Randes bis zur Fiederteilung fortgehen (Viola tricolor), die gewöhn-

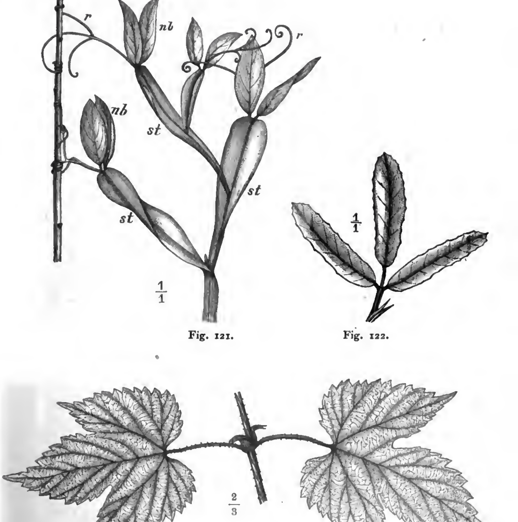


Fig. 121. Fig. 122.

Fig. 123.

Fig. 121. Lathyrus aphaca; blattartiger Stengel *st* mit zu Ranken *r* umgewandelten Blättern und grossen assimilierenden Nebenblättern *nb*, $^1/_1$.

Fig. 122. Melilotus altissimus; dreizähliges Blatt mit angewachsenen Nebenblättern, $^1/_1$.

Fig. 123. Humulus Lupulus; zusammengewachsene Nebenblätter, $^2/_3$.

lichsten Formen sind halb-eiförmig, -herz-, -nieren-, -pfeil-, spiessförmig, sowie pfriemlich. Bilden sie den Knospenschutz, so neigen sie, wie gesagt, geschlossen zusammen

l tn $\frac{1}{1}$

Fig. 124.

l tn $\frac{1}{1}$

Fig. 125.

$\frac{1}{1}$

Fig. 126.

$\frac{1}{1}$

Fig. 127.

ts a $\frac{1}{1}$

Fig. 128.

$\frac{1}{1}$

Fig. 129.

$\frac{1}{2}$

Fig. 130.

Fig. 124. **Platanus**; junges Blatt *l* mit Nebenblatttute *tn*, in welcher die Knospe sitzt, $^1/_1$.

Fig. 125. **Derselbe**; weiter entwickeltes Blatt *l* und Nebenblatttute *tn*, welche den Stengel umschliesst, $^1/_1$.

Fig. 126. **Polygonum lapathifolium**; Nebenblatttute, $^1/_1$.

Fig. 127. **Avena**; Stück der Blattscheide samt Ligula vom Halm losgelöst, $^1/_1$.

Fig. 128. **Robinia Pseudacacia**; zwei Fiederblättchen *a* mit Stipellae *ts*, $^1/_1$.

Fig. 129. **Dieselbe**; dornige Nebenblätter, aufgerückter Achsillarspross, $^1/_1$.

Fig. 130. **Peireskia**; Cactee mit Blättern, Nebenblätter dornig, $^1/_2$.



und bilden eine Tute (Liriodendron, Fig. 85), hier wird letztere in zwei den ursprünglichen Nebenblättern entsprechende Hälften geteilt, bei anderen (Fig. 124, 125



Fig. 131. Fig. 132.

Fig. 131. Plantago major; «stengellose» Pflanze mit spitzwinklig abstehenden Blättern, Blattstiel mit Wasserrinnen, die das Regenwasser zentral leiten, daher senkrecht in die Erde gerichtete Wurzeln, $^1/_2$.

Fig. 132. Pontederia crassipes; Schwimmblatt mit blasig geschwollenem Blattstiel, $^1/_3$.

und 126) bleibt die Tute oder Ochrea als Manschette (Platanus) oder als häutige Hülle (Polygonum), die den Stengel umgiebt. Zu den Nebenblattbildungen gehört auch

die Ligula der Gräser (Fig. 127), ein Häutchen am Anfang der Spreite. Sitzen an den Teilblättchen eines zusammengesetzten Blattes kleine Nebenblättchen zweiter Ordnung, so heissen sie Stipellen (Thalictrum, Phaseolus, Robinia, Fig. 128), sie sind wohl meist verkümmerte Fiederblättchen. Manchmal werden die Nebenblätter metamorphosiert, so bei Peireskia und Robinia zu Dornen (Fig. 129 u. 130).

a) Der Blattstiel.

Derselbe hat den Zweck, die Spreite zu tragen und sie dem Licht entgegenzuschieben, daher ist er, wenn vorhanden, nach den Lichtverhältnissen des Standorts mehr oder weniger lang, er kann jedoch auch fehlen. Er enthält ferner die Saftzuleitungsbahnen (Gefässe) für die Blattspreite und strahlt daher in derselben in die Adern aus.

Daneben kann er auch eine andere Bedeutung haben: der scheidige Blattstiel schützt die Sprossachse und die jungen Seitensprosse und sammelt Wasser; oft ist er rinnig und dient der Wasserleitung (Plantago, Fig. 131), oder er ist zu einem Schwimmorgan aufgeblasen (Pontederia, Fig. 132), oder er rankt (Tropaeolum, Fig. 133), oder er ist nach Abfall der Spreite zum Schutz jüngerer Blätter dornig (Astragalus tragacanthus, Fig. 134), endlich kann er sich mehr oder weniger verbreitern, was gewöhnlich mit einem Rückgang der Blattspreite verbunden ist, der Blattstiel wird dann selbst blattartig (Phyllodium) und übernimmt die Rolle des Blattes, d. h. besorgt die Assimilation (Fig. 135), vielfach ist das schon durch flügelartige Verbreiterung angedeutet, z. B. bei Citrus; ist dieselbe am Grunde ohrartig verbreitert, so spricht man von einem geöhrten Blattstiel.

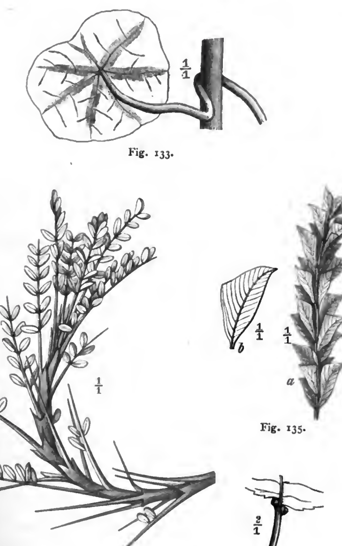


Fig. 133.

Fig. 134.

Fig. 135.

Fig. 136.

Fig. 133. Tropaeolum majus; rankender Blattstiel, schildförmiges Blatt, $^1/_1$.
Fig. 134. Astragalus tragacantha; Spross mit Dornen, die aus dem Blattstiel der abgefallenen Teilblätter entstehen, $^1/_1$.
Fig. 135. Acacia cultiformis Hook.; *a)* ein Spross mit senkrecht stehenden Phyllodien, $^1/_1$, *b)* einzelnes grösseres Phyllodium, $^1/_1$.
Fig. 136. Prunus avium; Blatt mit Drüsen, $^2/_1$.

Von den vielfachen sonstigen Verhältnissen des Blattstiels sei erwähnt, dass er manchmal Drüsen trägt, extranuptiale (d. h. ausser der Blüte stehende) Nektarien, welche Blatt und Blüte vor unberufenen Gästen schützen sollen (Prunus avium, Fig. 136).

β) Die Blattspreite.

Die normale Blattspreite ist das eigentliche Ernährungs- und Atmungsorgan der Pflanzen, sie ist eine dünne hautartige Fläche, welche von festeren Strängen (Nerven oder Adern) durchzogen ist, letztere haben den Zweck, Wasser zuzuleiten und die neugebildeten Baustoffe abzuleiten und ferner das Blatt ausgespannt zu halten, s. unten.

Diese normalen Funktionen erhellen aus dem anatomischen Bau: die sonst zum Schutz dienende Oberhaut zeigt als Atmungs- und Transpirationsorgan die Spaltöffnungen und das innere Blattgewebe (Mesophyll mit zwei Teilen: Pallisadenzellen und Schwammparenchym) lässt mit seinem Chlorophyllreichtum u. s. w. den Zweck, als Ernährungsorgan zu dienen, erkennen; die Blattnerven endlich zeigen sich hier als Gefässbündel mit Leitungsgewebe und mechanischen Zellen (Fig. 137).

Die morphologische Ausbildung der Blattspreite kann eine höchst mannigfaltige sein. Was ihr Verhältnis zu Stengel und Blattstiel anbelangt, so ist sie bei stiellosen Blättern sitzend und dabei mehr oder weniger stengelumfassend (Fig. 138), zur Vergrösserung der Assimilationsfläche läuft das Blatt in diesem Fall auch noch oft am Stengel herunter (Fig. 139 S. 72), was zugleich für die Ableitung des Regenwassers sehr nützlich ist, oder das Blatt ist durchwachsen, so dass der Stengel aus ihm herausgewachsen zu sein scheint (Fig. 140 S. 72).

Eine ganz veränderte Funktion erfüllt das Blatt teilweise, wenn zwei sich gegenüberstehende Blätter am Grunde

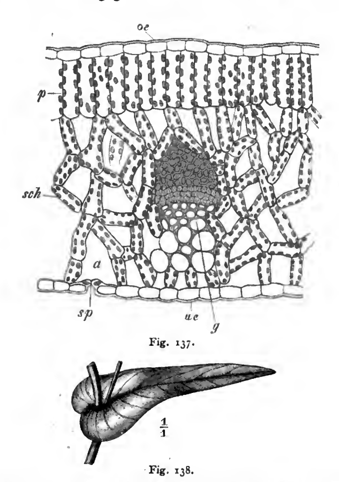


Fig. 137.

Fig. 138.

Fig. 137. Ruta graveolens; Blattquerschnitt, stark vergr., *oe* = obere Epidermis, *ue* = untere Epidermis, *sp* = Spaltöffnung, *a* = Atemhöhle, *p* = Pallisadenparenchym, *sch* = Schwammparenchym, *g* = Gefässbündel; schematisiert.

Fig. 138. Brassica Rapa; stengelumfassendes Blatt, $^1/_1$.

verwachsen, dadurch entsteht ein mehr oder weniger deutliches Becken, in dem sich Wasser ansammeln kann (Fig. 141 S. 73).

Ist das Blatt gestielt, so ist der Stiel gewöhnlich am untern Rand befestigt (Fig. 116), oder aber in selteneren Fällen mitten auf der Fläche, schildförmiges Blatt (Fig. 133).

Der Umfang des Blattes kann die mannigfaltigste Ausgestaltung erfahren: lineal (Potamogeton, Fig. 142 S. 74),

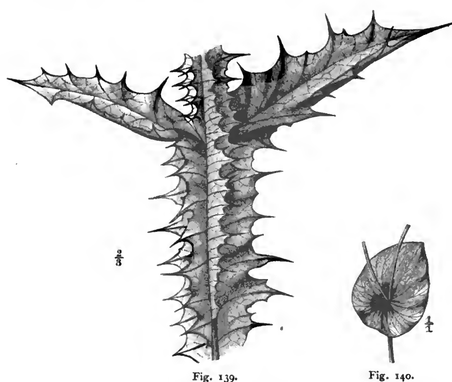


Fig. 139. Fig. 140.

Fig. 139. Onopordon Acanthium; herablaufende stachelige Blätter (Schutz, Regenleitung und Vermehrung des Assimilationsgewebes), $^2/_3$.

Fig. 140. Bupleurum rotundifolium; durchwachsenes Blatt, $^1/_1$.

spatelig (Saxifraga cuneifolia, Fig. 143 S. 74), lanzettlich (Asperula, Fig. 144 S. 74), eirund (Syringa, Fig. 145 S. 74), verkehrteirund (Vaccinium uliginosum, Fig. 146 S. 74), kreisrund (Rhus, Fig. 147 S. 74), nierenförmig (Asarum,



Fig. 141. Dipsacus laciniatus; verwachsene Spreiten zweier gegenüberstehenden Blätter, als Wasserbecken dienend, $^1/_3$.

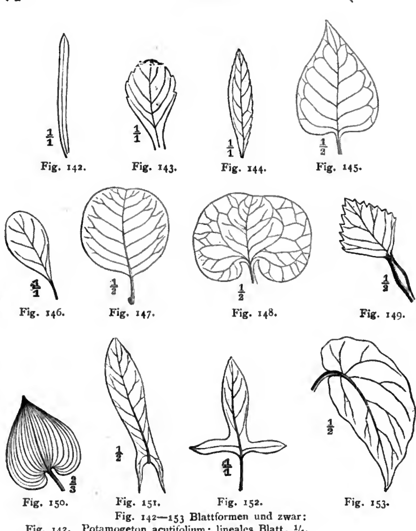


Fig. 142—153 Blattformen und zwar:

Fig. 142. Potamogeton acutifolium; lineales Blatt, $^1/_1$.
Fig. 143. Saxifraga cuneifolia; spateliges Blatt, $^1/_1$.
Fig. 144. Asperula odorata; lanzettliches Blatt, $^1/_1$.
Fig. 145. Syringa chinensis; eiförmiges Blatt, $^1/_2$.
Fig. 146. Vaccinium uliginosum; verkehrt eiförmiges Blatt, $^1/_1$.
Fig. 147. Rhus cotinus; rundes Blatt, $^1/_2$.
Fig. 148. Asarum europaeum; nierenförmiges Blatt, $^1/_2$.
Fig. 149. Trapa natans; rautenförmiges Blatt, $^1/_1$.
Fig. 150. Majanthemum bifolium; herzförmiges Blatt, $^2/_3$.
Fig. 151. Isatis tinctoria; pfeilförmiges Blatt, $^1/_2$.
Fig. 152. Rumex acetosella; spiessförmiges Blatt, $^1/_1$.
Fig. 153. Begonia spec.; schiefes Blatt, $^1/_2$.

Fig. 148), rautenförmig (Trapa, Fig. 149), herzförmig (Majanthemum, Fig. 150), pfeilförmig (Isatis, Fig. 151), spiessförmig (Rumex acetosella, Fig. 152), unsymmetrisch (Begonia, Fig. 153).

Ebenso verschiedenartig kann der Blattrand ausgebildet sein: ganzrandig (Fig. 154), einfach oder doppelt gezähnt (Fig. 155), einfach oder doppelt gesägt (Fig. 156), gekerbt (Fig. 157) oder buchtig (Fig. 158).

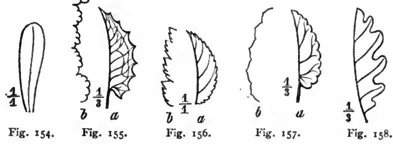


Fig. 154. Fig. 155. Fig. 156. Fig. 157. Fig. 158.

Fig. 154. Ganzrandiges Blatt.

Fig. 155 a. Hieracium murorum; gezähntes Blatt. b. Tussilago alba; doppelt gezähnter Blattrand.

Fig. 156 a. Rosa canina; gesägtes Teilblatt. b. Ulmus effusus; doppeltgesägter Blattrand.

Fig. 157 a. Betonica officinalis; gekerbtes Blatt. b. Wulfenia spec.; spitz gekerbter Blattrand.

Fig. 158. Quercus robur; gebuchteter Blattrand.

Die Blattspreite ist entweder ungeteilt (Fig. 116), oder aber mannigfach geteilt, dabei werden die Teilblätter mit ihrer vergrösserten Zahl im Verhältnis immer kleiner oder umgekehrt, je kleiner die Teilblättchen, desto grösser ihre Zahl, desto zusammengesetzter also das ganze Blatt, um dadurch die Assimilationsfläche zu vergrössern. Die zusammengesetzten Blätter, deren Teile „Blättchen" heissen, sind entweder handförmig (Fig. 159 S. 76), oder zweiteilig (Fig. 160 S. 76), oder dreiteilig (Fig. 122), oder gefingert, wenn die Teilblättchen

von einem Punkt ausgehen, oder gefiedert (Fig. 161), wenn sie wie die Teile einer Feder seitlich an einem gemeinsamen Stiel sitzen, schliesst derselbe mit einem einzelnen Blättchen ab, so ist das Blatt unpaarig gefiedert, stehen sich stets zwei Blättchen gegenüber, so spricht man von unpaarig gefiederten Blättern. Die Blättchen können ihrerseits die Gliederung des Hauptblattes wiederholen, so dass letzteres mehrfach gefiedert erscheint. Übrigens

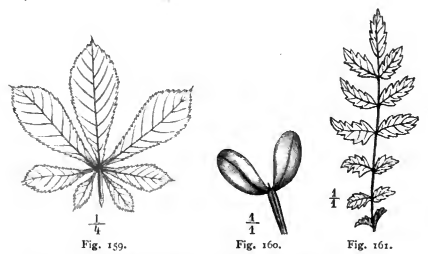


Fig. 159. Fig. 160. Fig. 161.

Fig. 159. Aesculus hippocastanum; handförmiges Blatt, $^1/_4$.
Fig. 160. Zygophyllum Tabago; zweiteiliges Blatt, $^1/_1$.
Fig. 161. Poterium sanguisorba; gefiedertes Blatt, $^1/_1$.

finden sich zwischen Blättern mit einfachen Einschnitten, die sich ihrerseits wieder an die mit gesägtem oder gekerbtem Blattrand anfügen, und solchen mit Teilung alle möglichen Übergänge, wodurch eine Mannigfaltigkeit der Formen entsteht, auf die hier nur hingewiesen werden kann.

Die Blattspreite ist meistens flach ausgespannt, doch kommt es bei schildförmigen Blättern vor, dass sie sich

trichterförmig nach innen vertieft (z. B. bei Nelumbium speciosum), so dass sich hier Regenwasser ansammelt, ob beabsichtigt, mag dahingestellt bleiben. Zuweilen erscheint das Blatt gekielt, wie bei Cyperus fuscus, oder rinnig, wie bei Muscari, oft lassen sich am Blatt noch die Falten der Knospenlage erkennen (bei Veratrum laufen dieselben längs, bei Carpinus Betulus quer, bei Alchemilla vulgaris strahlig).

Nach der Konsistenz kann man neben häutigen oder krautigen Blättern von lederigen sprechen (z. B. Hedera Helix, Vaccinium-Arten), und von fleischigen, wie die Blätter der Sukkulenten, damit hängt es auch zusammen, ob die Blätter starr sind, wie z. B. die Nadeln der Koniferen, oder mehr oder weniger biegsam und schlaff. Ferner steht damit auch die Dauer der Blätter in Zusammenhang: die häutig-krautigen Blätter sind hinfällig und gehören der sommerlichen Vegetationsperiode an, die lederigen, fleischigen und starren Blätter dagegen haben die Fertigkeit zu überwintern, die Pflanzen, denen sie angehören, sind immergrün.

γ) Die Nervatur.

Eine wichtige Doppelfunktion hat nach dem Gesagten die Nervatur: sie dient der Leitung und der Aussteifung, daher ist sie so angeordnet, dass möglichst die ganze Blattfläche von Adern durchzogen ist und dass anderseits das Blatt möglichst zweckmässig ausgebreitet, dabei auch gegen Zerreissen u. s. w. bestens geschützt ist. Es sind dabei zwei Typen zu unterscheiden. Entweder hat die Spreite einen oder mehrere Hauptstränge. Im ersten Fall sind die Seitenstränge entweder einfach gefiedert

(Laurus nobilis, Fig. 162), oder netzläufig (Teucrium scorodonia, Fig. 163), oder schlingenläufig (Lythrum salicaria, Fig. 164, und Phaseolus vulgaris, Fig. 165), oder bogenläufig (Cornus sanguinea, Fig. 166), oder randläufig in den Zähnen endigend (Corylus avellana, Fig. 167, und Potentilla anserina, Fig. 168 S. 80), oder randläufig in den

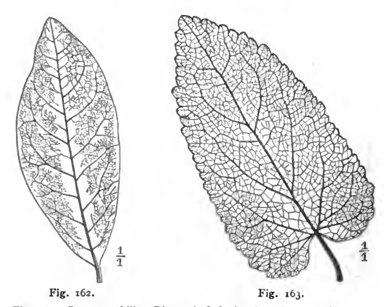


Fig. 162. **Laurus nobilis**; Blatt mit fiederförmigen Nerven, 1/1.
Fig. 163. **Teucrium scorodonia**; Blatt mit netzläufiger Nervatur, 1/1.

Ausbuchtungen endigend (Galeopsis tetrahit, Fig. 169 S. 80), oder strahlig (Tussilago farfara, Fig. 170 S. 80, und Acer platanoides, Fig. 171 S. 80), wobei noch besonders des schildförmigen Blattes gedacht sei (Tropaeolum majus, (Fig. 172 S. 81). — Sind mehrere Hauptstränge vorhanden, wobei die Blätter meist ganzrandig sind, so verlaufen dieselben entweder spitzläufig (Plantago lanceolata, Fig. 173 S. 81), oder fussnervig (Asarum, Fig. 148), oder

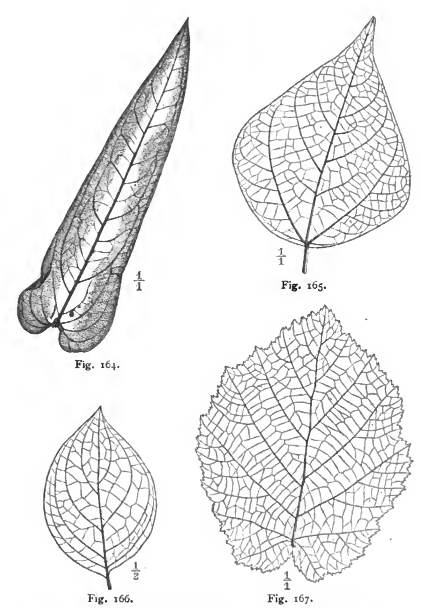


Fig. 164. Lythrum salicaria; Blatt mit schlingenläufiger Nervatur, $^1/_1$.
Fig. 165. Phaseolus vulgaris; Blatt mit schlingen-fiederläufiger Nervatur, $^1/_1$.
Fig. 166. Cornus sanguinea; Blatt mit bogenläufiger Nervatur, $^1/_1$.
Fig. 167. Corylus avellana; randläufiges Blatt, $^1/_1$.

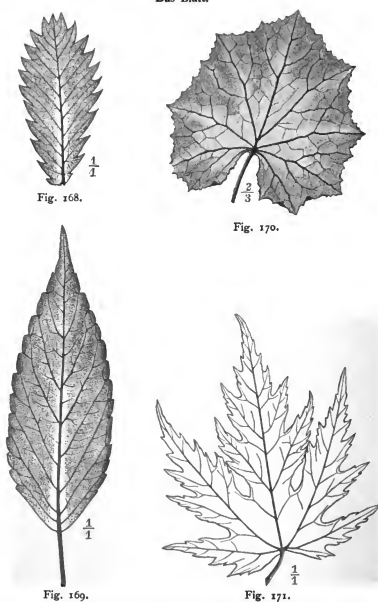


Fig. 168. Fig. 170. Fig. 169. Fig. 171.

Fig. 168. Potentilla anserina; Fiederblatt mit randläufigen in den Zähnen endenden Nerven, $^1/_1$.

Fig. 169. Galeopsis tetrahit; Blatt mit randläufiger Nervatur, in den Ausbuchtungen endende Nerven, $^1/_1$.

Fig. 170. Tussilago farfara; Blatt mit strahlenförmiger Nervatur, $^2/_3$.

Fig. 171. Acer platanoides; Blatt mit randläufig strahlenförm. Nervatur, $^1/_1$.

krummläufig (Majanthemum bifolium, Fig. 150), oder parallelnervig (Gras, Fig. 174), oder fächerig (Gingko, Fig. 175 S. 82).

Einer besonderen Erwähnung bedarf es, dass manchmal randläufige Seitenstränge in Stacheln endigen und dadurch dem Blatt zum Schutz dienen (Ilex, Fig. 176 S. 82), dabei ist auch das ganze Blatt gerandet und

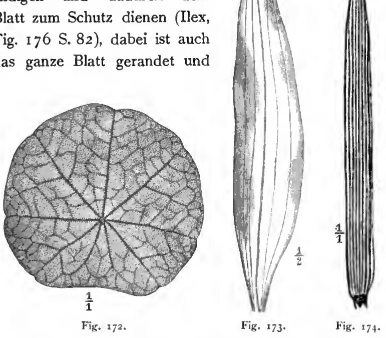


Fig. 172. Fig. 173. Fig. 174.

Fig. 172. Tropaeolum majus; schildförmiges Blatt mit strahlenförmiger Nervatur, $^1/_1$.

Fig. 173. Plantago lanceolata; Blatt mit mehreren spitzläufigen Hauptnerven, $^1/_2$.

Fig. 174. Grasblatt mit mehreren parallelläufigen Hauptnerven, $^1/_1$.

dadurch sehr wirksam gegen Einreissen geschützt. Besonders wirksam erscheint dieser Schutz bei Eryngium (Fig. 177 S. 82); bei Chamaepeuce Casabona (Fig. 178 S. 82) gehen die Blattnerven in Stacheln aus, ausserdem aber besitzt

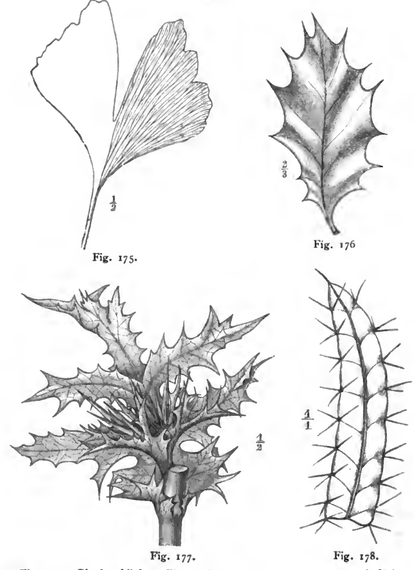


Fig. 175. Fig. 176 Fig. 177. Fig. 178.

Fig. 175. Gingko biloba; Blatt mit mehreren Hauptnerven und fächerförmiger Nervatur, $^1/_1$.

Fig. 176. Ilex aquifolium; stacheliges gerandetes Blatt (Schutz gegen Wildfrass), $^1/_1$.

Fig. 177. Eryngium campestre; sitzende stachelige Blätter, ein wirksamer Schutz besonders des Achsillarsprosses, der seinerseits auch einen Wald von Stacheln bildet, $^1/_2$.

Fig. 178. Chamaepeuce Casabona; Blatt, dessen Nerven in drei Stacheln, nach der Seite, nach oben und unten, ausgehen, wirksamer Schutz, $^1/_1$.

das Blatt an diesen Stellen senkrecht nach unten und oben stehende Stacheln, sodass der Rand allseitig geschützt ist; hier sei nur noch bemerkt, dass auch die Blattfläche selbst, und zwar über den Nerven, mit Stacheln besetzt sein kann (Solanum pyracantha, Fig. 179).

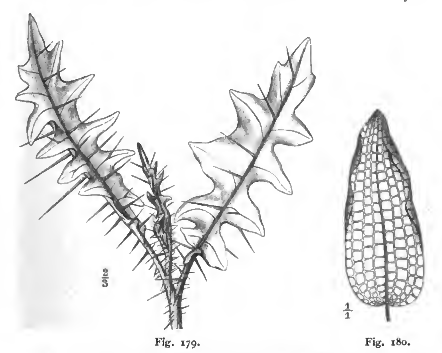


Fig. 179. Fig. 180.

Fig. 179. Solanum pyracantha; Stacheln auf der Blattfläche, zum Schutz, $^2/_3$.
Fig. 180. Ouvirandra fenestralis; Blatt ohne Mesophyll, nur aus der Nervatur bestehend, $^1/_1$.

Es kann vorkommen, dass nur die Blattnerven vorhanden sind, das Blattgewebe (Mesophyll) dagegen ganz fehlt (Ouvirandra, Fig. 180).

3. Die Lage der Blätter.

Da die Ernährung der Pflanze von dem Sonnenlicht abhängt, werden die Blattspreiten als die Ernährungsorgane

von ihren Stielen derartig am Stengel vorgeschoben, dass jede genügend Luft und Licht erhält (Blattmosaik), ander-

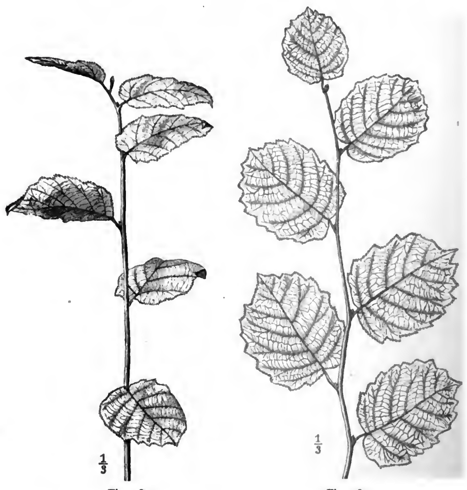


Fig. 181. Fig. 182.

Fig. 181. Corylus avellana; senkrecht gewachsener Zweig, 1/3.
Eig. 182. Corylus avellana; wagerecht gewachsener Zweig, 1/3. Bei diesem wie auch dem vorigen liegen die Blätter selbst wagerecht.

seits sind die Blätter auch so gestellt, dass sie nicht von zu grellem Sonnenlicht getroffen werden. Regel ist, dass

die Blätter horizontal stehen, und zwar an sowohl horizontal wie vertikal gewachsenen Ästen, so dass sie im ersten Fall mit der Astachse in einer Ebene liegen, in dem zweiten Fall aber letztere senkrecht auf der Ebene der Blätter steht (Fig. 181 und 182). Oft sind die Blätter, solange sie jung

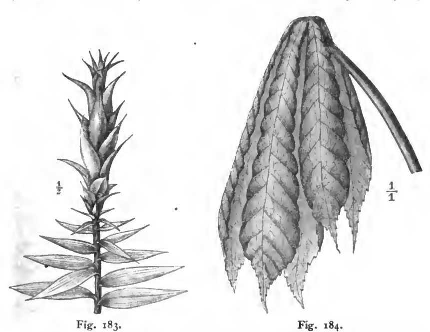


Fig. 183. Fig. 184.

Fig. 183. Araucaria Bidwilli; junger Trieb mit senkrecht stehenden Blättern zum Schutz des Chlorophylls gegen die Sonne, während die älteren Blätter abstehen, $^1/_1$.

Fig. 184. Aesculus hippocastanum; frisch entfaltetes Blatt, zum Schutz des jungen Chlorophylls gesenkt, $^1/_1$.

sind, vertikal gestellt, um das Chlorophyll vor den grellen Strahlen der Mittagssonne zu schützen (Fig. 183 und 184, auch 100), dann stellen sie sich bei der Erstarkung des Chlorophylls horizontal, manchmal jedoch stehen sie zeitlebens vertikal und sind dann bei den sogenannten Kompasspflanzen, z. B. Lactuca scariola (Fig. 185 S. 86), obendrein

mehr oder weniger deutlich von Norden nach Süden gerichtet, auch die reitenden Blätter von Iris (Fig. 186) stehen vertikal.



Fig. 185.

Fig. 185. Lactuca scariola; vertikale Stellung der Blätter, Kompasspflanze, $^2/_3$.

Manche Pflanzen können die Stellung ihrer Blätter je nach der Belichtung ändern: sie stellen sie bei Licht, d. h. am Tage, wagerecht und im Dnnkel, d. h. in der Nacht, senkrecht, indem sie dieselben herunterklappen,

das Bewegungsorgan ist hierbei ein Blattstielpolster und die treibende Kraft eine Veränderung in der Wasserverteilung (Fig. 187—190). Man nennt diese Erscheinung Pflanzenschlaf. Die Bedeutung dieser Einrichtungen mag oft in einer Schutzvorrichtung zu suchen sein, so ist es

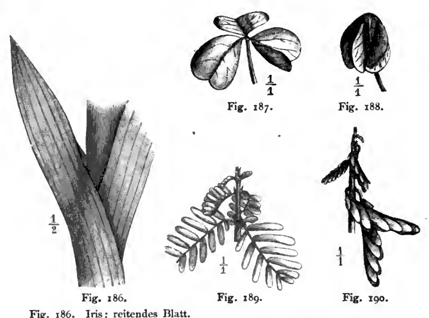


Fig. 186. Iris; reitendes Blatt.
Fig. 187. Oxalis corniculata; Tag- (Licht-) Stellung der Blätter, $^1/_1$.
Fig. 188. Dieselbe; Nacht- (Dunkel-) Stellung der Blätter, $^1/_1$.
Fig. 189. Parliera hygrometrica; Tagstellung, $^1/_1$.
Fig. 190. Dieselbe; Nachtstellung, $^1/_1$.

wenigstens bei Malva peruviana, wo sich das Blatt bei Nacht trichterförmig aufrichtet und die jungen Triebe umhüllt.

Die Stellung der Blätter kann jedoch noch durch andere Faktoren bestimmt werden, sie kann z. B. den Zwecken der Wasserleitung dienen: die Blätter stehen von der Achse entweder in spitzem oder stumpfem Winkel ab und leiten daher das Regenwasser durch die Blattstielrinne entweder nach innen (Fig. 131) oder nach aussen, s. oben.

4. Die Blattstellung.

Die Stellung der Blätter am Stengel ist eine mehr oder weniger gesetzmässige, meist spiralige, sodass bei Verbindung ihrer Befestigungspunkte eine Spirallinie entsteht,

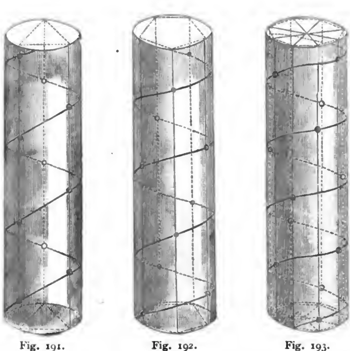


Fig. 191. Fig. 192. Fig. 193.

Fig. 191—193. Schemata der Blattstellung.
Die Kreise bedeuten die Blattansatzstellen, die Spirale ist eine die Ansatzstellen der Blätter verbindende Linie.

Fig. 191. $^{1}/_{3}$-Stellung, das dritte Blatt steht über dem ersten, die Spirale macht einen Umgang.

Fig. 192. $^{2}/_{5}$-Stellung, das fünfte Blatt steht über dem ersten, die Spirale macht zwei Umgänge.

Fig. 193. $^{3}/_{8}$-Stellung, das achte Blatt steht über dem ersten, die Spirale macht drei Umgänge.

die Horizontalprojektion des Weges von einer Blattbasis zur nächstfolgenden heisst Divergenz (durchaus konstant bei derselben Art); die wichtigsten Divergenzen sind, auf den

Kreisumfang bezogen, $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$ u. s. w. Die (geraden) Verbindungslinien senkrecht übereinander stehender Blätter heissen Orthostichen. Die Zahl der zwischen zwei aufeinanderfolgenden Blättern einer Orthostiche liegenden Blätter ist auch bestimmt, die Gruppe der Blätter von einem Blatt bis zum nächsten derselben Orthostiche ist ein Cyklus (Fig. 191—193).

Ist die Zahl der Blätter sehr gross, wie an den Koniferenzapfen, so werden die Orthostichen durch Ver-

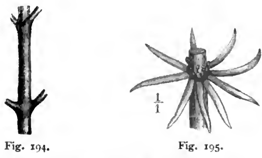


Fig. 194. Fig. 195.

Fig. 194. Dekussierte Blattstellung der Labiaten, $^1/_1$.
Fig. 195. Hippuris vulgaris; quirlförmige Blattstellung, $^1/_1$.

schiebungen undeutlich, doch erkennt man statt dessen schräg aufsteigende Zeilen, die Parastichen (s. auch Fig. 205).

In anderen Fällen stehen die Blätter quirlig, d. h. auf derselben Höhe der Achse einander gegenüber; sind die Quirle zweigliederig und abwechselnd, so heissen die Blätter dekussiert, besonders bei Labiaten (Fig. 194), in anderen Fällen sind sie vielgliederig, Hippuris (Fig. 195). Die regelmässige Stellung der Blätter hat den Zweck, sie dem Licht entgegen alle g eichmässig anzuordnen, am Vegetationspunkt ist die spiralige Anordnung der Blattanlagen bei dem hier zur Verfügung stehenden geringen Raum die

zweckmässigste. Diese gesetzmässige Stellung mag durch mechanische Ursachen zu erklären sein, durch andere Ursachen kann sie abgeändert werden, so erzeugen Belichtung und Feuchtigkeit oft dorsiventrale Anordnung der Organe (Fig. 182).

Die spiralige Anordnung der Pflanzenorgane galt in der Mitte dieses Jahrhunderts als ein grundlegendes Gesetz der Pflanzenmorphologie. Davon ist man jetzt abgekommen. Zunächst ist es wichtiger, dass jede Pflanze eine gewisse Polarität erkennen lässt, einen Wurzelpol und einen Sprosspol, in deren Verbindungslinie als Achse das Wachstum erfolgt. Genauer hat man als Wachstumsachse eine Linie zu bezeichnen, welche die organischen Mittelpunkte aller Querschnitte der Pflanze oder des Organs verbindet. In der Richtung dieser Achse erfolgt die Fortbildung des Organs oder Organismus, und um diese Achse herum gruppieren sich nun gesetzmässig die Anhangsorgane. Nach dem Obigen kann diese Gruppierung auf dem Querschnitt eine zweifache sein, strahlig (radiär) oder zweiseitig (bilateral); beachten wir aber auch noch den Längsschnitt, so müssen wir neben der gleichartig strahligen (Blattstellung von Galium und Hippuris, bei Galium sind es die Laubblätter nebst den Nebenblättern, die quirlig stehen) und gleichartig zweiseitigen (Blattstellung von Lamium) Ausbildung noch die spiralige und dorsiventrale (zweiseitig-ungleichartige) Anordnung setzen. Die spiralige Anordnung morphologisch auf eine der anderen Formen zurückzuführen, möchte wohl ebenso wenig angehen, wie umgekehrt. Bei der dorsiventralen Ausbildung unterscheidet man eine Bauch- und eine Rückenseite und bezeichnet als erstere

die, welche die Wurzeln trägt, als andere die blatttragende. Es sind meist kriechende oder kletternde Sprosse (Flechten, epiphytische Farne u. s. w.), welche eine derartige Dorsiventralität zeigen, indem sie sich mit ihrer Wurzel-Bauchseite der Unterlage anschmiegen, dagegen ihre Laub-Rückenseite dem Licht zukehren. Auch die Blätter sind dorsiventral, da ihre obere und untere Fläche verschiedenartig ausgebildet sind. Besonders bei der Ausbildung dorsiventraler Sprosse sind die oben angeführten äusseren Faktoren thätig.

5. Metamorphosierte Blätter.

Das Blatt kann durch äussere Umstände zu mannigfachen Umgestaltungen angeregt werden. Auf trockenem Standort haben die Blätter nicht genügend zu thun und die Transpiration muss vermindert werden, daher verkleinern solche Pflanzen ihre Blätter, bei Filago minor (Fig. 196) lässt sich das an verschieden trockenen Standorten beobachten. Auffallend ist diese Reduktion bei einigen Papilionaceen, z. B. Sarothamnus (Fig. 197 S. 92), bei Genista radiata (Fig. 198 S. 92) hat der diesjährige Zweig kleine, ganz schmale Blätter, welche im kommenden Jahr nur noch die Blattbasen erkennen lassen. Dabei finden sich noch interessante anatomische Verhältnisse. Bei Rubus squarrosus (Fig. 199 S. 93) sind die Teilblättchen sehr verkleinert, bei Ephedra (Fig. 200 S. 93) sind die Blätter auf Schuppen (ohne Spreite) beschränkt, bei den Cacteen sind sie fast



Fig. 196. Filago minor; Zweig auf dürrem Sandhügel gewachsen mit kleinen enganliegenden Blättchen, 1/1.

allgemein sehr reduziert (Ausnahme Fig. 130), bei manchen z. B. Rhipsalisarten (Fig. 201 S. 94) fehlen sie ganz. Hierbei ist übrigens die Achse meist grün und auch oft blattartig metamorphosiert (siehe unten).

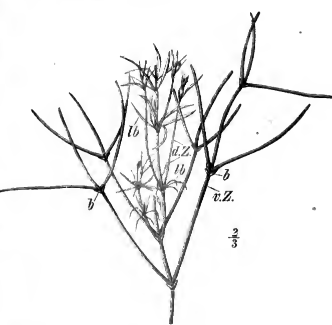


Fig. 198.

Fig. 197. Sarothamnus scoparius; Zweig mit kleinen reduzierten Blättern, das untere noch dreizählig, dann ein dreiteiliges Blatt, die oberen Blätter ganz, $^1/_1$.

Fig. 198. Genista radiata; Zweig, *v. Z.* = vorjähriger Trieb mit *b* = Blattbasen, *d. Z.* = diesjähriger Trieb mit *lb* = Laubblättern, $^1/_1$.

$\frac{1}{1}$

Fig. 197.

Andererseits können die Blätter dick und fleischig werden, dann spricht man von sukkulenten Pflanzen; die Blätter sind in diesem Fall Wasserspeicher, welche wiederum die Pflanzen befähigen auf trockenen Standorten oder in trockener

Jahreszeit auszuharren (Sedum, Fig. 202 S. 94), besonders merkwürdig ist das Blatt von Ixia cruciata (Fig. 203), bei

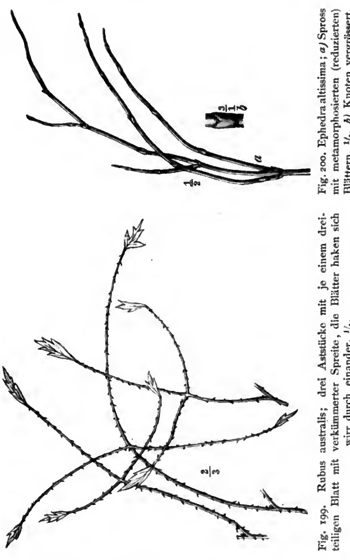


Fig. 200. Ephedra altissima; *a)* Spross mit metamorphosierten (reduzierten) Blättern, 1/1, *b)* Knoten vergrössert.

Fig. 199. Rubus australis; drei Aststücke mit je einem dreiteiligen Blatt mit verkümmerter Spreite, die Blätter haken sich wirr durch einander, 1/1.

welchem das mannigfach geriefte Blatt trotz Sukkulenz doch wieder durch Rinnenbildung der Luft eine grössere

Fläche darbietet. Besonders die Mesembryanthemumarten (M. lupinum, Fig. 204) zeigen die Sukkulenz, die abgebildete

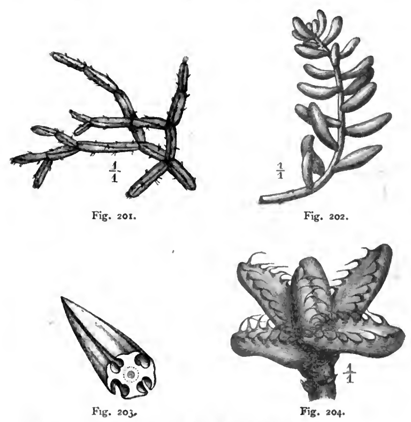


Fig. 201. Fig. 202.

Fig. 203. Fig. 204.

Fig. 201. Rhipsalis mesembryanthoides; blattloser Spross, $^1/_1$.
Fig. 202. Sedum album; Spross mit fleischigen (sukkulenten) Blättern, $^1/_1$.
Fig. 203. Ixia cruciata; dickfleischiges Blatt, das zur Verbreiterung der Assimilationsfläche mit Rinnen versehen ist, nach Bischoff.
Fig. 204. Mesembryanthemum lupinum; dickfleischige Blätter an verkürzter Sprossachse, die jungen Blätter liegen dicht zusammen, die Borsten an ihren Seiten greifen wie die Finger gefalteter Hände zusammen (Schutz des Vegetationspunktes), $^1/_1$.

Art hat noch die Eigenart, dass die Blätter vor dem Auseinandergehen durch ihre fingerartig in einander greifenden Borsten besonders wirksam die fortwachsende

Stammspitze schützen. Gewöhnlich ist bei der Sukkulenz die Stammachse bis zum Verschwinden verkürzt, wie bei Fig. 205, hier bilden die dicht gedrängten Blätter einen Trichter zur Wasseransammlung.

Verschiedenartige Gestalt nehmen die Blätter bei den Nadelhölzern an, bei einigen sind sie schuppenförmig (Thuja, Fig. 206), bei anderen nadelförmig (Pinus, Fig. 207).

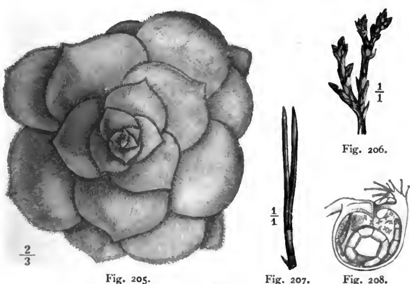


Fig. 205. Sempervivum jungianum; fleischige Blätter, die dachziegelartig an verkürzter Achse stehen, so dass sie einen als Wassersammler dienenden Trichter bilden, $^1/_2$.

Fig. 206. Thuja orientalis; Zweig mit zu Schuppen metamorphosierten Blättern, $^1/_1$.

Fig. 207. Pinus silvestris; Kurztrieb mit 2 nadelförmigen Blättern, $^1/_1$.

Fig. 208. Utricularia orbiculata; blasenförmiges Fangblatt mit gefangenen Tieren, stark vergrössert.

Sehr mannigfach sind die Metamorphosen des Blattes, wenn es bei sogenannten insektenfressenden Pflanzen zu einem Fangapparat wird. Aus der grossen Reihe derartiger Blätter seien folgende erwähnt: das schlauchförmige Blatt von Utricularia (Fig. 12 und 208), dessen Eingangspforte

durch eine nur nach innen sich öffnende Klappe verschlossen ist, im Innern finden sich Drüsen; bei Sarracenia (Fig. 209) ist ebenfalls das ganze Blatt schlauchförmig, der Eingang hat einen innen behaarten Lappen, der ihn jedoch nicht schliesst; bei Nepenthes (Fig. 210) ist die Spreite zu einer fadenförmigen Ranke und am Ende zu einer Kanne umgebildet, die einen Deckel und zwei gefranste flügelartige Anhänge hat, der Rand der Öffnung ist gerieft, nach innen glatt, sodass die hier angelangten Insekten hinabgleiten; dagegen ist der Blattstiel spreitenartig, so dass man denken sollte, der Mittelnerv des Blattes habe sich zu einer Ranke verlängert, an deren Ende eine Kanne liegt. Nach einer anderen Auffassung ist nur der Deckel der Kanne als Blattspreite zu betrachten, dann bestände also der Blattstiel aus drei verschiedenen Abschnitten: einem blattartigen Teil, einer Ranke und einem Krug.

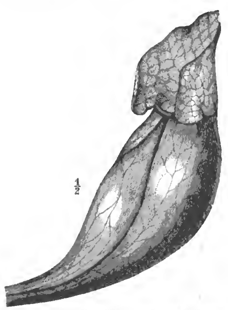


Fig. 209. Sarracenia purpurea; krugförmiges Fangblatt, 1/2.

Bei Drosera (Fig. 211) besitzt das Blatt zahlreiche Drüsenhaare, die sich um ein sich daraufsetzendes Insekt legen, es umschlingen und ersticken, bei Dionaea (Fig. 212 a und b) besteht die Spreite aus zwei Klappen, am Rande mit Borsten versehen, welche sich fingerartig

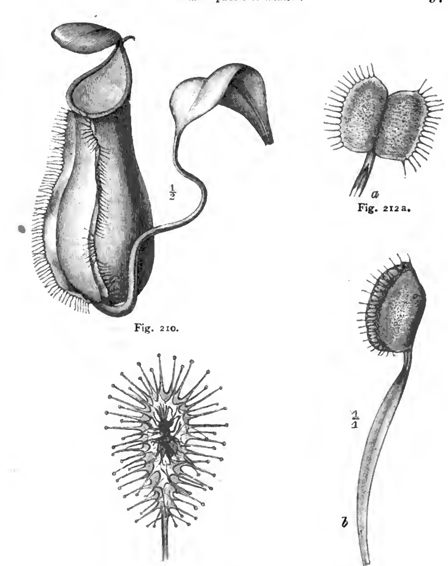


Fig. 210. Fig. 211. Fig. 212 a. Fig. 212 b.

Fig. 210. Nepenthes rubramaculata hort.; Blattkanne gebildet von der Blattspreite, $^1/_2$.

Fig. 211. Drosera intermedia; Fangblatt mit gefangener Fliege, die von den Drüsenhaaren umschlossen wird.

Fig. 212. Dionaea muscipula; *a)* Fangblatt, die mit Drüsen besetzte Spreite besteht aus zwei am Rande borstig gefransten Hälften, *b)* dasselbe zusammengelegt, die Randborsten greifen fingerartig in einander, $^1/_1$.

in einander legen können, wenn das Blatt, das auf seiner Fläche Drüsen besitzt, sich zusammenklappt; letzteres geschieht, wenn sich ein Insekt daraufsetzt.

Oft sind die Blätter oder Blattorgane zu Schutzorganen der Pflanze geworden, bei Hakea trifurcata (Fig. 213) sind es mehrzinkige Gabeln, bei Berberis (Fig. 214) ist das ganze Blatt zu Dornen metamorphosiert, auch Teile des Blattes, z. B. Nebenblätter, können Dornen bilden (Fig. 129, 130). Es sei hier auch noch einmal des Blattes von Rubus squarrosus gedacht (Fig. 199), dessen Teilspreiten verkümmert sind, dagegen sind die anderen Teile mit zahlreichen Stacheln versehen, welche sich vielfach in einander haken und dadurch ein dichtes Gewirr bilden, in das sich kein Tier hineinwagt.

Eine wichtige Metamorphose des Blattes ist die, welche dasselbe zu einem Stütz- und Kletterorgan macht. Hierbei werden Teile des Blattes mehr oder weniger fadenförmig und erlangen Reizbarkeit, der zu Folge sie sich um stützende Gegenstände „ranken", entweder sind es die Blattstiele (Fig. 133) oder die Blattstielchen bei einem geteilten Blatt (Fumaria, Fig. 215), oder aber ein Teil der metamorphosierten Spreite rankt (Nepenthes, Fig. 210), dahin gehört es auch, wenn ein gefiedertes Blatt in eine Ranke ausgeht; oft sind die ganzen letzten Fiederblättchen in Ranken umgewandelt, sodass das Blatt an seinem Ende eine gefiederte Ranke besitzt, deren Spitzen, wenn sie auswachsen, reizbar werden (Fig. 216 u. 217). Ein Beispiel, wie sich zwei Pflanzen mit beiderartigen Ranken gegenseitig stützen, liefert Fig. 215. Die Umwandlung in Ranken kann so weit gehen, dass die eigentliche Blattfunktion,

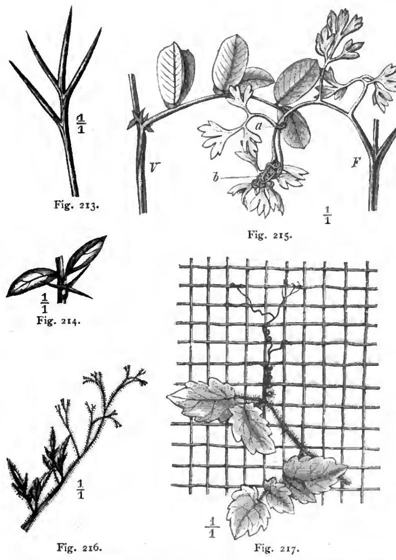


Fig. 213. Hakea trifurcata; Blatt eine vierzackige Gabel darstellend, $^1/_1$.
Fig. 214. Berberis spec.; Blatt zu einem Dorne metamorphosiert, $^1/_1$.
Fig. 215. Fumaria officinalis und Vicia sativa; beide sich gegenseitig umrankend und stützend, bei *a* rankt Fumaria, bei *b* Vicia, $^1/_1$.
Fig. 216. Calampelis scaber; junges Fiederblatt, dessen letzte Fiedern zu Ranken werden, $^1/_1$.
Fig. 217. Dasselbe Blatt älter an einem Drahtgitter rankend, $^1/_1$.

wie schon oben gesagt, auf die Nebenblätter übergeht (Fig. 218 und 121). Überhaupt muss bei diesen Blattmetamorphosen meist ein anderes Organ die Arbeit des Blattes übernehmen.

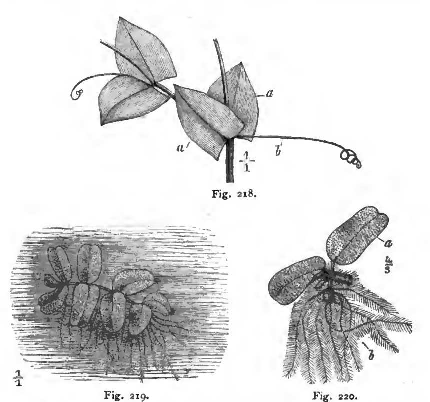


Fig. 218.

Fig. 219. Fig. 220.

Fig. 218. Lathyrus ochrus; das eigentliche Laubblatt ist zur Ranke *b* metamorphosiert, das grosse Nebenblatt *a* tritt an die Stelle des Laubblatts, 1/1.

Fig. 219. Salvinia salvatrix; Pflanze auf dem Wasser schwimmend mittels flacher Schwimmblätter, 1/1.

Fig. 220. Dasselbe; Blattquirl, Schwimmblätter und wurzelartig metamorphosierte Blätter, 1/1.

Eine weitere Metamorphose des Blattes ist die zu einem Schwimmorgan, wobei das ganze Blatt aufgetrieben und lufthaltig sein kann (Trianea bogotensis), oder aber dies bezieht sich nur auf den Blattstiel (Pontederia crassipes,

Fig. 132, 149). Übrigens dienen als Schwimmorgan auch die flachen Blattspreiten, die glatt auf dem Wasser ruhen (Salvinia oder auch der blattförmige Spross von Lemna, Fig. 219, 220 u. 13), was besonders deutlich ist, wenn wie hier und in Fig. 223 Heterophyllie, Verschiedenartigkeit der Blätter, hinzukommt.

Bei Wasserpflanzen, denen die Wurzeln fehlen, wie Salvinia, können die Blätter zu wurzelartigen Organen werden (Fig. 219 und 220).

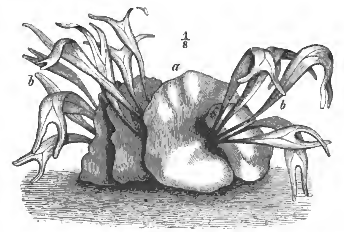


Fig. 221.

Fig. 221. Platycerium alcicorne; Heterophyllie, mit verschiedenartigen Blättern, *b* = Laubblätter, *a* = Mantelblätter, welche verwesend der Pflanze Humus liefern und in deren Schutz sich Adventivwurzeln bilden, 1/8.

Eine eigenartige Metamorphose erleiden manche Blätter einiger epiphytischer Farne, indem sie nicht wedelartig wie die normalen Blätter, sondern flächenförmig und wie die Blätter eines Buches auf einander gelagert sind; dadurch, dass sich zwischen ihnen Laub u. s. w. ansammelt und dass die untersten Blätter selbst allgemach vermodern, entsteht ein Humus, in den diese Pflanzen ihre Wurzeln

senden (Fig. 221 und 222), auch bilden diese Blätter manchmal Nischen mit dem Baumstamm, auf dem das Farnkraut wächst, in diesen sammelt sich ebenfalls Humus, den die Pflanze durch Wurzeln oder Haare ausbeutet.

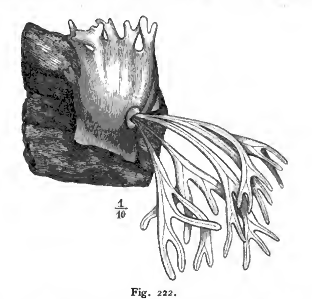


Fig. 222.

Fig. 222. Platycerium Willinkii; Heterophyllie, mit verschiedenartigen Blättern, herunterhängenden Laubblättern und aufrechtstehenden breiten, eine Nische bildenden Blättern, hinter denen sich Humus sammelt, $^1/_{10}$.

Auch das Zwiebelblatt ist ein metamorphosiertes Blatt, dessen Scheideteil verdickt und dadurch zu einem Reservestoffbehälter geworden ist (Fig. 250—252).

6. Heterophyllie.

Die Blätter einer Pflanze haben nicht immer dieselbe Form, es kann sein, dass einige eine andere als die normale (Ernährungs-) Funktion übernehmen, während andere sie beibehalten, in diesem Fall ist die Metamorphose eine teilweise, solche Beispiele liefern schon die Fig. 219—222.

Ein anderer Fall ist Fig. 223, Ranunculus aquatilis mit zweierlei Blättern: die untergetauchten sind fein zerschlitzt, die schwimmenden flächenförmig und wenig eingeschnitten. Dass die ersteren sich hier dem Medium angepasst haben, geht aus Fig. 224 hervor, welche ein auf dem Land

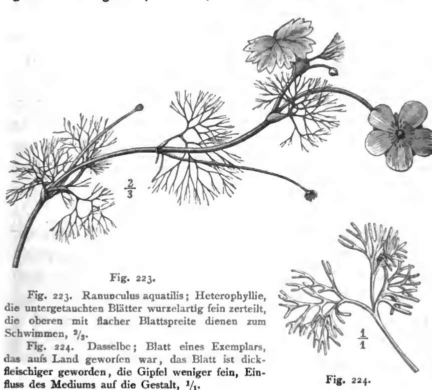


Fig. 223.

Fig. 224.

Fig. 223. Ranunculus aquatilis; Heterophyllie, die untergetauchten Blätter wurzelartig fein zerteilt, die oberen mit flacher Blattspreite dienen zum Schwimmen, $^2/_3$.

Fig. 224. Dasselbe; Blatt eines Exemplars, das aufs Land geworfen war, das Blatt ist dickfleischiger geworden, die Gipfel weniger fein, Einfluss des Mediums auf die Gestalt, $^1/_1$.

gewachsenes Wasserblatt darstellt. Vielleicht haben die Wasserblätter hier eine wurzelartige Funktion.

Eine allerdings nicht auf Funktionswechsel, sondern auf morphologischer Metamorphose beruhende Verschiedenartigkeit der Blätter ist die Ausbildung besonderer Erstlingsblätter (Primärblätter) und allmähliche Ausgestaltung der endgültigen Blattform (Fig. 117), s. oben.

7. Zur Entwicklungsgeschichte des Blattes.

Die ersten Blätter der Pflanze, die Samenlappen, entstehen auf besondere Art am Keimling, alle anderen dagegen stets an einem Meristem am Vegetationskegel der betreffenden Pflanze (s. unten), niemals nehmen sie aus einem schon in den Dauerzustand übergegangenen Gewebe ihren Ursprung. Bei Moosen und Farnkräutern sind es einzelne oberflächlich gelegene Zellen des Vegetationskegels, aus welchen das Blatt entsteht, während es bei allen anderen Pflanzen aus einer Gruppe von Zellen seinen Anfang nimmt. Stets aber entsteht es exogen (im Gegensatz zu den Seitenwurzeln) durch Hervorwölbung eines Teils des Vegetationskegels, sodass also zwischen den Gewebeschichten von Blatt und Sprossachse ein unmittelbarer Zusammenhang besteht.

In den meisten Fällen lässt sich an dem Höcker der Blattanlage noch keine Gliederung erkennen, man spricht dann von „Primordialblatt“, man nennt dann aber doch schon den unteren Teil „Blattgrund“, den oberen „Oberblatt“, durch Wachstum der mittleren Partie zwischen beiden entsteht der Blattstiel und zwar zu einer Zeit, wenn das Oberblatt schon deutlich ist, also verhältnismässig spät. Aus dem Blattgrund entstehen die Scheide und die Nebenblattbildungen, aus dem Oberblatt die Spreite. Blätter von Monokotylen mit ausgeprägter Blattscheide entstehen am Vegetationskegel aus einem Ringwulst, dessen Basis sich erst später durch interkalares (zwischengeschobenes) Wachstum verlängert. Auf Einzelheiten können wir hier nicht eingehen.

Für die Blätter der Dikotylen, die ja eine so ausserordentliche Mannigfaltigkeit aufweisen, lässt sich trotz alledem

das Gesetz aufstellen, dass sie aus einer sehr einfachen gleichartigen Anlage hervorgehen. So sind z. B. die Anlagen der gefiederten und gefingerten Blätter unter sich gleich, auch die Anlage der Teilblättchen erfolgt auf gleiche Weise, nämlich durch Verzweigung der Blattanlage, später streckt sich aber bei den gefiederten Blättern die Längsachse, was beim gefiederten Blatt nicht geschieht.

Aus dem Blattgrund gehen ausser den scheidenförmigen Bildungen, wie gesagt, die Nebenblätter hervor, im allgemeinen lässt sich ihre Entstehung auf einen Grundmodus zurückführen. Die seitlich stehenden Nebenblätter entstehen als Auswüchse des Blattgrundes, bei achsillar stehenden nimmt noch die Grenze zwischen Oberblatt und Blattgrund daran teil; angewachsene Nebenblätter bilden sich dadurch, dass der Blattgrund noch eine nachträgliche Streckung erfährt.

Bemerkenswert ist, dass auch die schildförmigen Blätter ihren Ausgang von einem einfachen Höcker des Vegetationskegels nehmen, nachdem das Oberblatt eine gewisse Entwicklungsstufe erreicht hat, beginnt die untere nach dem sich streckenden Blattstiel zu gelegene Partie zu wachsen, sodass der Stiel nunmehr auf die Fläche der Spreite rückt.

Selbst die krug- oder schlauchförmigen Blätter der insektenfressenden Pflanzen lassen sich auf höckerförmige Anlagen zurückführen, im übrigen lehnen sie sich in ihrer Entwicklung an die schildförmigen Blätter an, das ist ja eben auch der beste Beweis für ihre Blattnatur. Bemerkenswert ist besonders Nepenthes (Fig. 210), hier ist die Spreite zu der gedeckelten Kanne metamorphosiert, und der

Blattstiel übernimmt durch spreitenartige Ausbildung die Arbeit, die sonst der Spreite zukommt.

Die Niederblätter entstehen aus ähnlichen Anlagen wie die Laubblätter: das Primordialblatt kann sich, ohne sich in Stiel und Spreite zu sondern, zu einem schuppenförmigen Niederblatt ausbilden oder aber seine schon erkennbare Spreite verkümmert, dann wird die Hauptmasse des Niederblattes von dem Blattgrund gebildet; das ist bei den Knospenschuppen der Fall (Fig. 80). Danach hat man die Niederblätter wohl als Hemmungsbildungen zu betrachten, wobei nicht ausgeschlossen ist, dass sie doch in ihrer Art eine gewisse Weiterentwicklung zeigen.

Anmerkung. Die dritte Metamorphosenstufe des Blattes, das Hochblatt, ist zwar entwicklungsgeschichtlich neben das Niederblatt zu stellen, allein morphologisch gehört es schon ganz in die Blütensphäre und wird dort behandelt werden.

IV.

Die Sprossachse (der Stengel).

Der Stengel ist die Achse des Sprosses und hat als solche den Zweck, Blätter und Blüten zu tragen und die Pflanze aufrecht zu halten, daher muss er fest und kräftig gebaut sein, er erreicht dies, indem er in seinem anatomischen Aufbau und der Verteilung der Gefässbündel resp. der in diesen enthaltenen mechanischen Elemente den Gesetzen der Mechanik folgt. Nach letzteren ist in biegungsfesten Teilen (wie es die Stengel sein müssen) zentrifugale Anordnung am zweckmässigsten. Die „Träger" der Baumechanik bestehen aus zwei „Gurtungen" von festem Material, das lockere dazwischen liegende Material ist die Füllung. Entweder bestehen nun die Träger in den Pflanzen aus je zwei Gefässbündeln mit je einer nach aussen liegenden Gurtung (Träger erster Ordnung), oder aus je einem Gefässbündel mit zwei Gurtungen, aussen und innen (Träger zweiter Ordnung), ausserdem kann in der Pflanze als mechanisches Gewebe ein geschlossener Ring auftreten, danach kann man folgende Typen unterscheiden:

1. Pflanzen mit einem Ring isolierter Träger erster Ordnung (Fig. 225).

2. Die Träger sind zu einem Ring vereinigt, die Leitbündel liegen an der Aussenseite (Fig. 226).

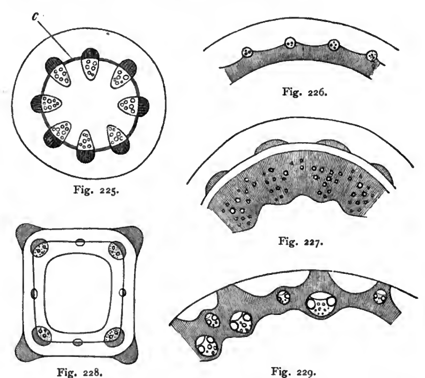


Fig. 225. Fig. 226. Fig. 227. Fig. 228. Fig. 229.

Fig. 225. Schema der Gefässbündelanordnung der Dikotylen, bei *c* entsteht der das Dickenwachstum einleitende Kambiumring.

Fig. 226. Allium fallax; Querschnitt durch die Achse, die Träger sind zu einem Ring vereinigt, dem aussen die Leitbündel angelehnt sind.

Fig. 227. Linum austriacum; die Holzteile der Träger sind zu einem Ring vereinigt, die Bastteile bilden Verstärkungen.

Fig. 228. Lamium maculatum; geschlossener Leitbündelring mit Collenchym-Verstärkungen.

Fig. 229. Bromus commutatus; Rispenachse erster Ordnung, ein Ring vereinigter Träger mit Verbindungen zur Epidermis.

3. Die Gefässteile der Bündel bilden einen Ring, dazu kommen nach aussen Bastverstärkungen (Fig. 227).

4. Ähnlich, aber mit subepidermalen Verstärkungen (durch ein Collenchym genanntes mechanisches Gewebe) (Fig. 228).

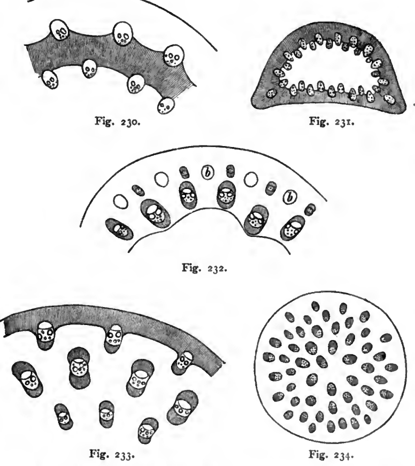


Fig. 230. Asphodelus luteus; Ring von mechanischem Gewebe, dem nach aussen und innen Leitbündel angelehnt sind.

Fig. 231. Triticum junceum; ebenso, doch liegt der Ring unmittelbar an der Epidermis.

Fig. 232. Juncus balticus; Träger zweiter Ordnung in mehreren Kreisen, *b* = Luftkanäle.

Fig. 233. Carex folliculatus; Träger zweiter Ordnung, durch einen subepidermalen Sklerencbymring verstärkt.

Fig. 234. Gefässbündelanordnung der Monokotylen.

5. Der Ring vereinigter Träger hat Verbindungsgurtungen mit der Oberhaut (Fig. 229).

6. Dem Ring sind aussen und innen Leitbündel angelagert (Fig. 230).

7. Der Ring lehnt sich direkt an die Oberhaut an (Fig. 231).

8. Es sind isolierte Träger zweiter Ordnung, und zwar in mehreren Kreisen vorhanden (Fig. 232).

9. Träger zweiter Ordnung werden durch einen subepidermalen Ring verstärkt (Fig. 233).

Die Dikotylen und Monokotylen unterscheiden sich anatomisch im allgemeinen dadurch, dass erstere nur einen Kreis fortbildungsfähiger Gefässbündel (Fig. 225), die letzteren dagegen zerstreute Gefässbündel von beschränktem Wachstum besitzen. (Fig. 234).

Bei den dikotylen Holzgewächsen schliessen die Bündel meist schon im ersten Jahre zusammen und ein ununterbrochener Kambiumring (teilungsfähige Zellen) bildet von da ab einen festen Holzkörper, welcher entsprechend der wachsenden Last der Krone von Jahr zu Jahr wächst (Jahresringe). — Die äussere Rinde des Baumes nimmt allmählich eine auch morphologisch wichtige Beschaffenheit an, indem sie, um das innere Gewebe gegen Verdunstung und zu starke Kältewirkung zu schützen, verkorkt und allmählich dichte Kork- und Rindemassen in verschiedener Form als Borke absondert.

1. Normale Formen des Sprosses und seiner Achse.

Die normale Funktion der Sprossachse ist, wie gesagt, Blätter und Blüten zu tragen und sie dem Licht und der Luft entgegen zu halten. Die Achse der ganz jungen

Keimpflanze heisst hypokotyles Glied (Fig. 7). Die Stellen, an welchen die Blätter sitzen, heissen Knoten, an denselben hat die Achse oft eine besondere Energie des Wachstums; ist doch auch an sie die Bildung der normalen Seitensprosse geknüpft; umgefallene Sprosse vermögen sich an diesen Stellen aufzurichten (Fig. 235) und manchmal bildet

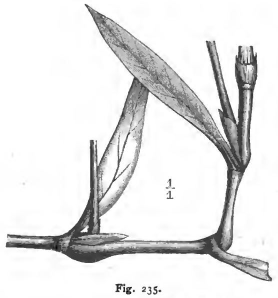


Fig. 235.

Fig. 235. Polygonum hydropiper; Spross, dessen Achse sich am Knoten aufgerichtet hat, $^1/_1$.

sich an den Knoten ein ganzes Bündel neuer Sprosse (Fig. 236 S. 112).

Die Entwicklung der Sprossachse ist schon oben in den Fig. 34—57 gegeben.

Die Hauptformen der höheren sich an diese anschliessenden Holzpflanzen sind der monokotyle unverzweigte (Fig. 237 S. 112) und der dikotyle reichverzweigte Baum (Fig. 238 S. 112).

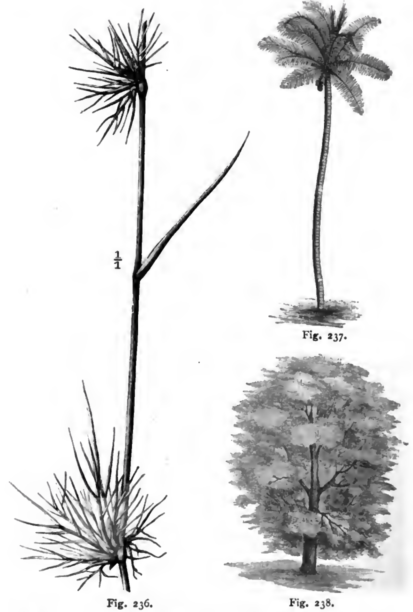


Fig. 236. Fig. 237. Fig. 238.

Fig. 236. Agrostis canina; aus den Knoten entspringen Büschel von Adventivsprossen, $^1/_1$.

Fig. 237. Cocos nucifera; Habitus, stark verkleinert (mit Benutzung eines andern Originals).

Fig. 238. Fagus silvatica; Habitus stark verkl.

Die Hauptformen der oberirdischen Sprosse, welche mit der Lebensdauer zusammenhängen, sind Kraut, Staude und Holzstamm. Der Krautstengel ist stets einjährig und verholzt nicht, weil er eben keine längere Dauer hat: nach einmaliger Blüte und Fruchtbildung stirbt er ab. Die Sprossachsen der Stauden tragen zwar auch nur einmal Früchte, um dann abzusterben, allein sie besitzen unterirdische Teile oder ausdauernde Wurzeln, welche in der neuen Vegetationsperiode auch neue Sprosse erzeugen. Der Holzstamm endlich hat selbst eine vieljährige Dauer und mehrfache Fruchtbildung, weil er vermöge der Verholzung im Winter ausdauern kann.

Dass die Ausbildung des Krautstengels eine sehr mannigfache sein kann, ist selbstredend: man hat z. B.

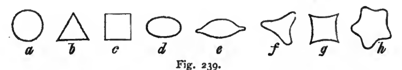


Fig. 239.

Fig. 239. *a—h* verschiedene Querschnitte der Sprossachse.

nach der Richtung zwischen aufrechten (Stachys recta), bogig aufsteigenden (Comarum palustre), nickenden (Silene nutans), hängenden (Linaria cymbalaria), hingestreckten (Herniaria), niederliegenden (Thymus), kriechenden (Lysimachia nummularia), schwimmenden (Azolla), flutenden (Elodea canadensis), kletternden, gewundenen (s. unten) und gedrehten (Humulus Lupulus) Stengeln unterschieden.

Die Achse kann mannigfache Querschnitte haben, wie sie Fig. 239 zeigt, die Bezeichnung liegt meist auf der Hand, ebenso weshalb man nach der Teilung der Achse

von einfachen, ästigen, gabeligen u. s. w. Stengeln spricht. Es sind das meist nebensächliche Beziehungen, die aber in der älteren Morphologie eine grosse Rolle spielten und mit gewichtigen lateinischen Namen belegt wurden.

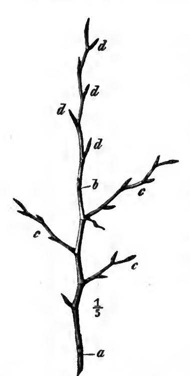


Fig. 240. Fagus silvatica; Aufbau des zweijährigen Astes, *b* = Grenze des vorjährigen Astes, *a* = Grenze des vorvorjähr. Astes, *c* = Zweige des vorigen Jahres, *d* = Knospen dieses Jahres, stark verkl.

Nach der Konsistenz kann man von dichten, markigen, röhrigen, fächerigen, holzigen, faserigen, fleischigen und saftigen Stengeln reden, was auf anatomische Verhältnisse zurückzuführen ist.

Der Grad der Festigkeit kann nach den äusseren Verhältnissen sehr verschieden sein, meist ist die Achse biegsam und zäh, gestatten es die Lebensbedingungen, so ist sie starr oder schlaff.

Mit einem besonderen Namen, nämlich Halm, bezeichnet man die Sprossachse der Gräser, die verdickte Knoten und ausgeprägte Blattscheiden besitzt; trägt der Spross nur Blüten, aber keine Blätter oder nur Hochblätter, so nennt man ihn Schaft.

Der Holzstamm kann baumartig oder strauchartig sein, erstere Bezeichnung wird gebraucht, wenn der Stamm sich erst in bedeutenderer Höhe verzweigt, letztere, wenn die Verzweigung schon nahe über dem Boden erfolgt. Der

Holzstamm wächst in die Dicke, indem die Meristemschicht, die sich in seinem Innern zwischen Holz- und Bastteilen befindet, jährlich einen Ring von Holz nach innen (Jahresringe) und Schichten von Bast nach aussen bildet. Die Verzweigung erfolgt nach bestimmten Gesetzen und in einer für den Baum eigenen Weise, sodass man an ihr und an dem Habitus des laublosen Baumes schon die Art desselben erkennen kann. Fig. 240 zeigt einen zweijährigen

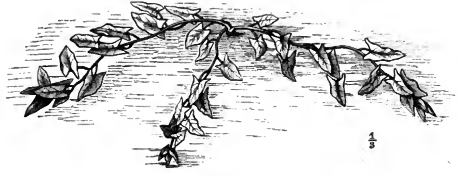


Fig. 241.

Fig. 241. Convolvulus arvensis; kriechender Stamm, der, weil er keine Stütze gefunden hat, dem Boden aufliegt, 1/3.

Ast oder Knospenstamm der Buche. Die Knospenschuppen hinterlassen, wenn sie abgefallen sind, an der Achse Ringe, das Stück zwischen je zwei solchen Ringzonen ist der Zuwachs eines Jahres. Der diesjährige Trieb zeigt Knospen für dieses Jahr, der zweijährige Trieb zeigt einjährige Äste, der dreijährige trägt zweijährige Äste u. s. w. Auf die Verzweigungsarten näher einzugehen fehlt es an Raum.

Oft ist der Stengel so schwach, dass er sich ohne Stütze nicht aufrecht halten kann, dann kriecht er über die Erde hin (Fig. 241 u. 242 S. 116). Manche Pflanzen

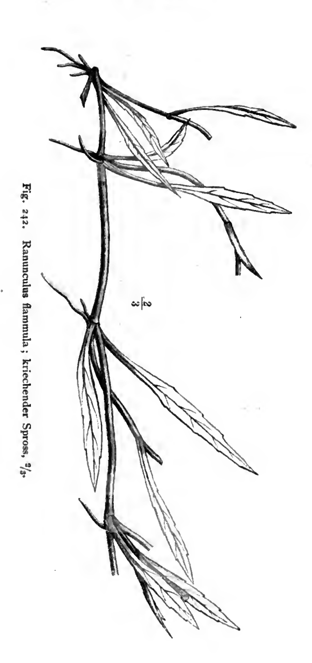


Fig. 242. Ranunculus flammula; kriechender Spross, $^2/_3$.

haben neben ihren aufrechten Sprossen noch kriechende, sogenannte Ausläufer, welche sich an den Knoten bewurzeln und hier neue Sprosse bilden (Fig. 243), vermöge solcher Ausläufer kann die Pflanze im Umkreis weiter wandern, zugleich sind es auch vegetative Vermehrungssprosse.

Solche horizontal wachsende Sprosse giebt es auch unter der Erde, sie heissen dann Rhizome

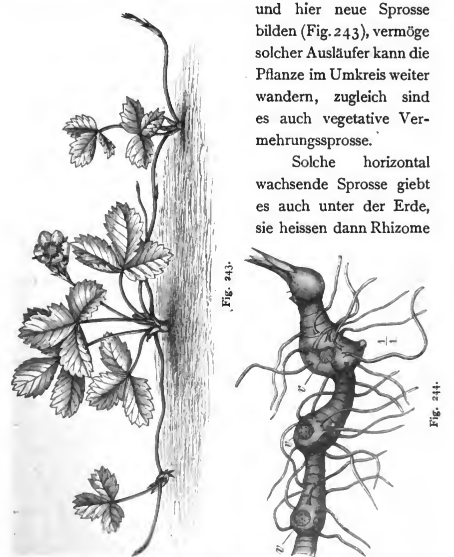


Fig. 243. Fragaria vesca; Hauptspross mit Ausläufern, die als Vermehrungssprosse dienen, $^1/_2$.

Fig. 244. Polygonatum; Rhizom, bei *v* haben die vorjährigen oberirdischen Sprosse gesessen, $^1/_1$.

oder Wurzelstöcke und tragen keine Laub-, sondern schuppenförmige Niederblätter (sowie Wurzeln). Sie sind die Dauerorgane der betreffenden Pflanzen, deren ober-

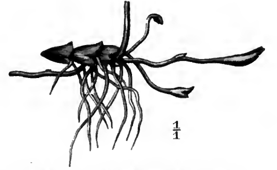


Fig. 245. Adoxa moschatellina; Rhizom, $^1/_1$.

irdischer krautiger Spross dann im Herbst abstirbt (Fig. 244), dabei haben manche Rhizome, z. B. Adoxa (Fig. 245), auch noch eine Art Wandersprosse, durch welche sich Äste des Rhizoms im Erdreich fortschieben.

2. Metamorphosierte Sprosse und Sprossachsen.

Die genannte Hauptfunktion der Sprossachse kann mehr oder weniger zurücktreten, sodass letztere anderen Zwecken dient, dahin gehört schon das Rhizom, welches als Dauerorgan anzusehen ist; manche ausdauernde Sprossachsen werden durch Verdickung, die auf Vermehrung des Parenchyms beruht, zu Reservestoffbehältern, so z. B. die Knollen, d. h. unterirdische Sprosse mit verdickter Achse und kleinen Niederblättern (Fig. 246). Auch der oberirdische Stengel kann knollig anschwellen und Reservestoffbehälter (sei es für Stärkemehl oder Wasser) werden (Fig. 247 und 248), ja, selbst der Stamm eines Baumes kann knollig und tonnenförmig sein (Fig. 249 S. 120).

Die angeschwollenen Sprosse von Kleinia (Fig. 248) brechen an den verdünnten Stellen leicht ab und bilden dann unter Bewurzelung neue Pflanzen, dienen also zur Verbreitung und Vermehrung.

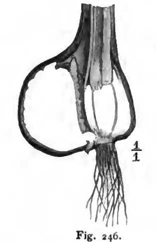


Fig. 246.

Hier sei auch noch des zur Zwiebel metamorphosierten Sprosses mit gestauchter Achse (Zwiebelkuchen) und zu Reservestoffbehältern verdickten Blättern gedacht (Fig. 250 bis 252 S. 120 u. 121). Sogenannte Brutzwiebeln kommen an mannigfachen Stellen der Achse vor, — bei Ranunculus

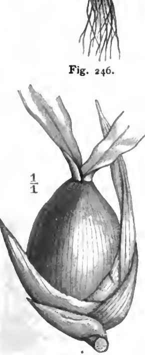


Fig. 247.

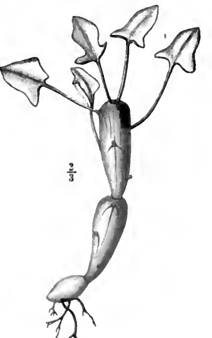


Fig. 248.

Fig. 246. Colchicum autumnale; Zwiebelknolle, 1/1.
Fig. 247. Coelogyne cristata; knollig verdickte Sprossachse, Wasserspeicher, 1/1.
Fig. 248. Kleinia articulata; verdickte Sprossachsen, Wasserbehälter, 2/3.

ficaria sind es umgewandelte Achsillarsprosse, die das Tragblatt durchbrechen (Fig. 253 und 254 S. 121); auch in der Blütenregion können statt der Blütensprosse Zwiebelsprosse auftreten (Fig. 255 S. 121). Eine Verbindung von Zwiebel mit Knollenwurzel zeigt Fig. 27.

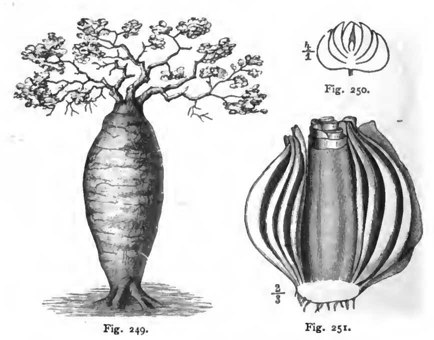


Fig. 249. Wollbaum; knollig verdickter Holzstamm, nach Martius.
Fig. 250. Saxifraga granulata; Zwiebel.
Fig. 251. Allium cepa; Längsschnitt durch die Zwiebel, die innersten Blätter in der Mitte sind nicht durchschnitten, $^2/_3$.

In seltenen Fällen kann die Sprossachse bei wurzellosen Pflanzen Wurzelfunktion übernehmen.

Entsprechend der veränderten Lebensweise ist auch die Achse der Wasserpflanzen mehr oder weniger verändert, gewöhnlich ist sie dünn und zart, besonders bei flottierenden Gewächsen, doch tritt hier mehr eine Metamorphose des

Blattes als eine solche der Achse ein. Bei Lemna ist der ganze Spross blattartig und zu einem Schwimmorgan geworden, das zugleich die Ernährungsthätigkeit übernimmt (Fig. 13).

Darauf, dass die Sprossachsen manchmal zu schwach sind, um sich und die Blätter aufrecht zu halten, ist schon hingewiesen worden, entweder kriechen sie dann auf der

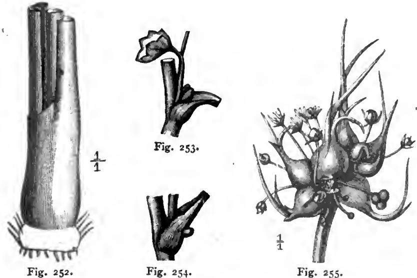


Fig. 252. Dasselbe; die innersten Zwiebelblätter, die geschlossene Scheide zeigend, $^1/_1$.
Fig. 253. Ranunculus ficaria; Brutzwiebeln in den Blattwinkeln, $^1/_1$.
Fig. 254. Derselbe; mit die Blattbasis durchbrechenden Brutzwiebeln, $^1/_1$.
Fig. 255. Allium ampeloprasum; Zwiebeln im Blütenstand, $^1/_1$.

Erde hin (Fig. 241), oder aber sie klettern und stützen sich auf andere Pflanzen oder irgend eine feste Unterlage. Die Art und Weise, wie das geschieht, ist sehr mannigfach, am einfachsten ist die Art der „flechtenden“ Pflanzen, welche zwischen anderen Pflanzen hinwachsen und sich durch wagerechte Äste an diesen festhalten (Fig. 256 S. 122). Einfach ist es auch, wenn die Pflanze mit Haken

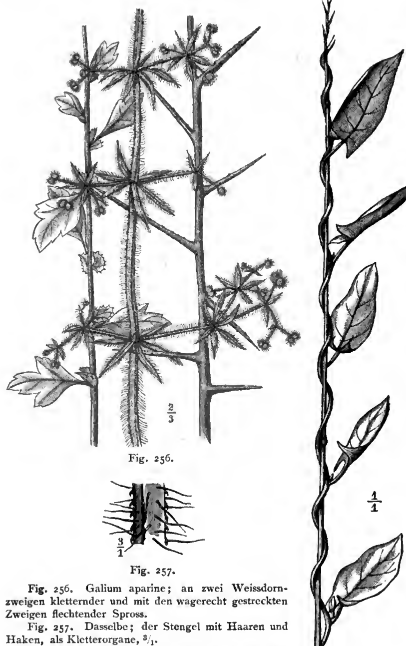


Fig. 256.

Fig. 257.

Fig. 258.

Fig. 256. Galium aparine; an zwei Weissdornzweigen kletternder und mit den wagerecht gestreckten Zweigen flechtender Spross.

Fig. 257. Dasselbe; der Stengel mit Haaren und Haken, als Kletterorgane, $^3/_1$.

Fig. 258. Convolvulus arvensis; windender Stengel, Blätter an demselben einseits wendig, $^1/_1$.

und Borsten klettert, das vereinigt sich bei Galium mit dem Flechten (Fig. 257).

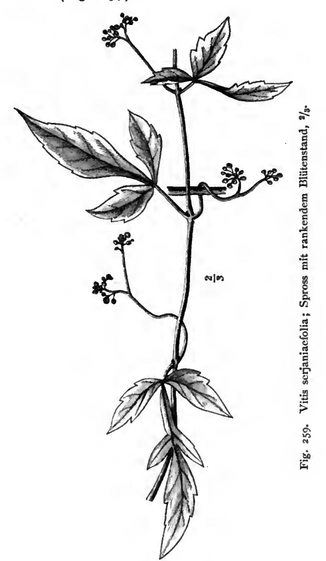


Fig. 259. Vitis serjaniaefolia; Spross mit rankendem Blütenstand, 2/3.

Bei „windenden“ Pflanzen legt sich die ganze Achse um die Stütze herum (nach rechts oder links, doch für

dieselbe Pflanze konstant), so windet z. B. der in Fig. 241 abgebildete niederliegende Convolvulus arvensis, wenn sich Gelegenheit dazu bietet (Fig. 258).

Endlich kann der Spross besondere Kletterorgane erzeugen, Ranken oder Saugorgane, erstere können, wie

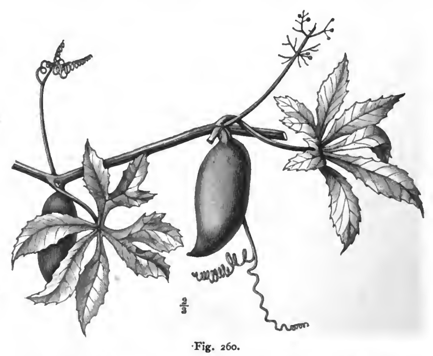


Fig. 260.

Fig. 260. Cyclanthera pedata; zur Ranke umgewandelter Spross, $^2/_3$.

dargethan, Blätter sein (Fig. 215—218), oder es sind Blütenstiele und Blütenstandachsen (Fig. 259), oder metamorphosierte Stengel (Fig. 260 und 261). Diese Ranken sind gewöhnlich korkzieherartig gewunden und daher sehr elastisch, sodass sie federn und dadurch dem Zerren des Windes nachgeben, ohne ganz loszulassen; finden sie keine Stütze, so rollen sie sich korkzieherartig zusammen. Die Saugorgane,

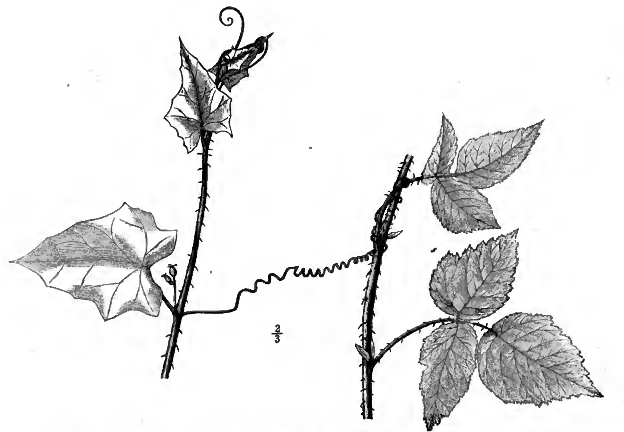


Fig. 261. Bryonia dioica; an einem Spross von Rubus mit federnden Sprossranken rankend, $^{2}/_{3}$.

mit denen sich die Pflanzen festhalten, können Wurzeln sein (Fig. 17 und 18), oder Achsenteile, die am Ende Haftscheiben besitzen (Fig. 262).

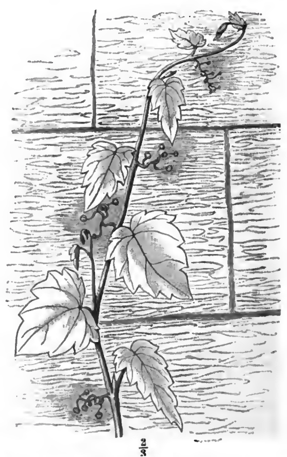


Fig. 262. Ampelopsis Veitchii; Spross mit Klammerwarzen, 2/3.

Eine andere Gruppe metamorphosierter Sprosse schliesst sich an die an, deren verdickte Achse Wasser oder Stärke als Reservestoff enthält. Pflanzen mit derartigen Wasserbehältern sind Bewohner trockener Standorte. Meist

ist auch ihre Transpirationsfläche noch durch Reduktion der Blätter vermindert (s. oben); es sind das besonders Glieder der Familien der Cacteen, Euphorbiaceen und

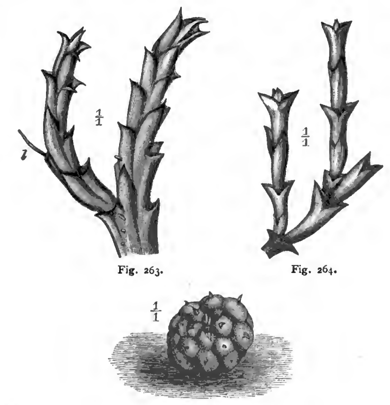


Fig. 263. Fig. 264.

Fig. 265.

Fig. 263. Stapelia mutabilis; dickfleischiger Spross, bei *l* eine Luftwurzel, $^1/_1$.
Fig. 264. Mesembryanthemum uncinatum; Spross, $^1/_1$.
Fig. 265. Euphorbia globosa; kugeliger Spross mit rudimentären Blättern, $^1/_1$.

Mesembryanthemeen, die Blätter sind hier oft nur Vorsprünge des Stengels (Fig. 263 und 264), hierbei ist die Achse selbst noch cylindrisch, in anderen Fällen wird sie kugelig (Fig. 265). Es ist nicht möglich, auf diese mannigfachen Verhältnisse hier genauer einzugehen.

Ein anderes Extrem bilden Sprosse ohne Blätter, welche blattartig und flächenförmig sind und assimilieren, sogenannte Cladodien. Genista sagittalis (Fig. 266) zeigt solche, die noch Blätter besitzen, bei Ruscus aculeatus

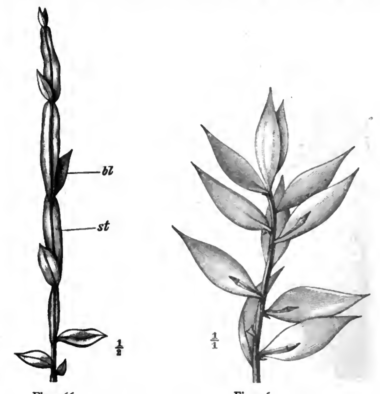


Fig. 266. Fig. 267.

Fig. 266. Genista sagittalis; Spross mit blattförmiger Achse *(st)* und kleinen Blättern *(bl)*, 1/1.

Fig. 267. Ruscus aculeatus; Spross mit blattförmigen Seitenachsen, 1/1.

(Fig. 267) ist die Hauptachse normal, die Seitenachsen aber sind blattartig, bei Mühlenbeckia platyclados (Fig. 268) ist die ganze Achse ein gegliedertes Band (mit Blüten), bei Acacia platytera (Fig. 269) erscheinen die Cladodien wie ein Blatt mit Mittelrippe. Ein besonders

interessantes Beispiel bietet Colletia bictoniensis (Fig. 270 S. 130), weil hier die spitz dreieckigen Flachsprosse zu gleicher Zeit der Pflanze einen wirksamen Schutz verleihen. Hierhin lassen sich auch wohl die niederen Pflanzen rechnen,

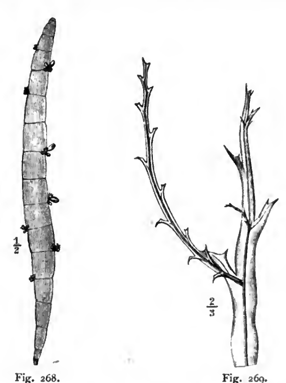


Fig. 268. Fig. 269.

Fig. 268. Mühlenbeckia platyclados; blattartiger Spross mit Blüten und Früchten, 1/1.

Fig. 269. Acacia platytera; blattartige Sprosse, 2/3.

deren Spross lagerförmig (Thallus) ist, ohne oder mit ganz kleinen Blattorganen (Fig. 271 S. 130, auch Fig. 103, 104).

Endlich sei der flächenförmigen bandartigen Lianenstämme gedacht (Fig. 272 S. 130).

Wie die Blätter, so können auch ganze Sprosse dornartig werden und als Schutzorgan dienen, das ist dann

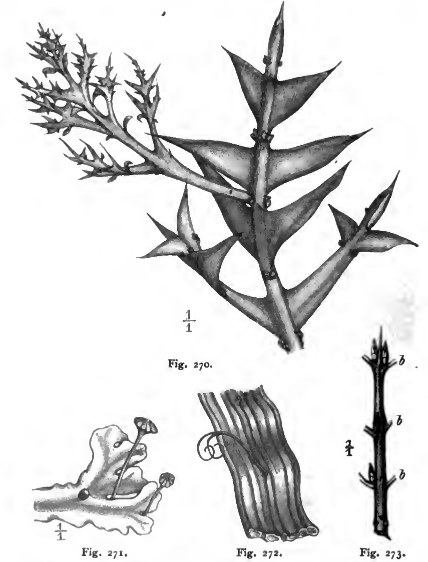


Fig. 270. Colletia bictoniensis; blattartige und zugleich dornige Sprosse, an dem jüngeren sitzen noch kleine Blättchen, $^1/_1$.

Fig. 271. Marchantia polymorpha; Thallus, einen blattartigen Spross darstellend, $^1/_1$.

Fig. 272. Bauhinia anguina; bandförmig welliger Stamm.

Fig. 273. Rhamnus cathartica; Zweig, der in einen Dorn ausläuft, bei *b* die Blattstiele abgeschnittener Blätter, $^1/_1$.

entweder nur das Ende der Sprossachse, wie bei Rhamnus cathartica (Fig. 273), oder aber es erfährt ein ganzer, oft sogar verzweigter Spross diese Metamorphose (Gleditschia triacanthos, Fig. 83).

3. Reduzierte Formen des Sprosses.

Bei Pflanzen mit abnormer Lebensweise werden auch die Sprossformen oft abnorm, das ist besonders bei

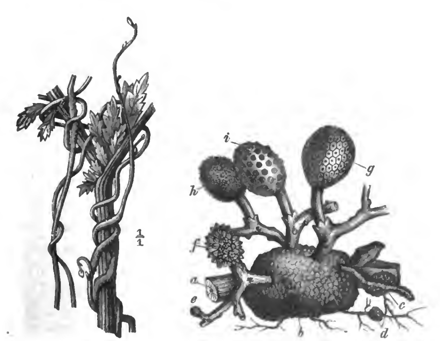


Fig. 274. Fig. 275.

Fig. 274. Tanacetum vulgare mit Cuscuta europaea; letztere ist ein Schmarotzer mit reduziertem Spross ohne Wurzeln und Blättern, der sich mit Saugwarzen festhält, $^1/_1$.

Fig. 275. Helosis brasiliensis; reduzierter Spross auf einer Wurzel schmarotzend, *a* = Wurzel von Piper, *b* = daraufsitzende Knolle von Helosis mit Rhizomästen, *c* = ein solcher eine neue Knolle bildend, *d* = Enden der Nährwurzel mit junger Knolle, *e* = junger Blütenstand, *e*—*i* = verschiedenaltrige Blütenstände, *f* und *g* = ältere Blütenstände mit Tragblättern; nach Eichler.

Schmarotzern der Fall. Dieselben verlieren vor allem die Blätter nebst dem Chlorophyll, da sie sich nicht selbständig ernähren. Die Sprossachsen haben dann nur noch den Zweck, die Pflanze am Wirt festzuhalten und die Blüten zu tragen. Dabei können sie ja freilich, wie Cuscuta (Fig. 274), an die Sprossform normaler Sprosse erinnern, hier hat der blatt- und wurzellose Spross eine fadenförmige, sich windende Achse mit Saugwarzen. Eine ganz veränderte Form besitzt der gleichzeitig rudimentäre Spross eines Hutpilzes (Fig. 50). Je abhängiger der Schmarotzer von seinem Wirt ist, desto stärker ist die Reduktion, sodass der Spross endlich nur Träger der Blüten ist, so bei Helosis brasiliensis (Fig. 275).

4. Zur Entwicklungsgeschichte der Sprosse.

Der Spross entsteht zunächst aus dem Knöspchen des Samens, jeder Seitenspross einer Pflanze aber bildet sich ebenso wie der fortwachsende Hauptspross aus einem an seinem Wachstumsende gelegenen sogenannten Vegetationskegel, einem fortbildungsfähigen Teilungsgewebe (Urmeristem), welches zugleich, wie wir gesehen haben, Auswüchse bildet, aus denen Blätter und Seitensprosse entstehen. Die Zellen des Vegetationskegels, der mehr oder weniger gewölbt ist, sind klein und enthalten Protoplasma, sie teilen sich fortwährend. Am Vegetationskegel der Sporenpflanze lässt sich (s. S. 33) eine Zelle, die sogenannte Scheitelzelle, erkennen, von der die Teilungen ausgehen, bei den Samenpflanzen hingegen ist dies selten möglich, hier ist es vielmehr eine Zellgruppe, die sich schon früh in die

Gewebesysteme der Sprossachse sondert. Der Vegetationskegel wird durch seine eigenen Erzeugnisse, die jungen sich wölbenden Blätter, geschützt.

Die Seitenorgane bilden sich am Sprossvegetationskegel unter Beteiligung auch der äusseren Zellen, während letztere an der Wurzel (s. S. 33) bei der Bildung der Seitenwurzeln von diesen durchbrochen werden. Man unterscheidet darnach die ersteren als exogene Bildungen von den anderen, den endogenen. Blätter werden nie endogen angelegt, wohl aber kann dies bei Seitensprossen der Fall sein (bei Algen und Moosen). Meistens ist die Entstehungsfolge der Seitenorgane eine gipfelstrebige („akropetal"), d. h. die dem Gipfel des Vegetationskegels am nächsten stehenden Blätter sind die jüngsten. Es können aber auch zwischen anderen Organanlagen neue auftreten, dann spricht man von zwischengeschobenen (interkalaren) Bildungen (letztere besonders bei niederen Pflanzen).

Die am Vegetationskegel gebildeten Organe können entweder dem Mutterorgan gleichartig sein, also z. B. Seitensprosse, oder ungleichartig, also an der Sprossache Blätter (Neubildung). Im ersteren Fall spricht man von Verzweigung, die bei Sprossen, Blättern und Wurzeln in gleicher Weise erfolgt und zwar in zwei Formen auftritt, nämlich entweder eine seitliche (monopodiale) oder aber eine gabelige (sympodiale und dichotome) ist. Im ersten, gewöhnlicheren Fall bleibt der bisherige Scheitel bestehen und unter ihm treten die Seitensprosse hervor; bei der gabeligen Verzweigung hingegen, die besonders bei niederen Pflanzen vorkommt, stellt der Gipfel seine Entwicklung ein und an seiner Stelle entstehen zwei gabelig auseinander-

gehende Seitensprosse. Beide Verzweigungsarten sind durch Übergänge mit einander verbunden.

Bei seitlicher Verzweigung können nun aber wieder zwei verschiedene Fälle eintreten: wenn die Hauptachse in derselben Richtung fortwächst und ihre Seitenachsen an Stärke übertrifft, so nennt man die Verzweigung monopodial, ist dagegen das Wachstum der Hauptachse ein beschränktes, wird sie von einer Seitenachse überholt und tritt diese ferner die Richtung der Hauptachse an, die ihrerseits dann als Seitenachse erscheint, so nennt man die Verzweigung sympodial.

V.

Die Blüte.

Als Blüte ist der Spross aufzufassen, welcher die Fortpflanzungsorgane der Pflanze und deren Hüllen trägt, sie kann daher auch als Geschlechtsspross bezeichnet werden.

Wenn die Geschlechtigkeit der Pflanze noch nicht scharf ausgeprägt ist, so hat auch der Blütenspross keine besondere Ausprägung, er ist dann mehr oder weniger einem vegetativen Spross ähnlich. Man kann in den niederen Pflanzenklassen, z. B. bei Algen, Pilzen und Moosen, die allmähliche Entwicklung des Blütensprosses klar verfolgen: es giebt z. B. Moose, bei denen sich der Träger der Blüten durchaus nicht von anderen Zweigen des lagerförmigen Vegetationskörpers unterscheidet, dann andere, bei denen er nur geringe Abweichungen zeigt, und endlich solche, bei denen er wenigstens auf den ersten Blick eine ganz andere Gestalt hat.

Bei den Gefässkryptogamen sind die Träger der Sporangien meistens keine Sprosse, sondern Blätter, und auch hier findet man Fälle, in denen diese sporangien-

tragenden Blätter den gewöhnlichen Laubblättern durchaus gleich sind, und solche, in denen sie eine mehr oder weniger tiefgreifende Veränderung erfahren haben. Bei den Gymnospermen ist es ähnlich.

Fragen wir uns nach den eigentlichen Fortpflanzungsorganen, so sind es bei den Gefässkryptogamen die Sporangien, die bei den höheren als Mikro- und Makrosporangien geschieden werden (bei den anderen sind sie gleichartig), denselben entsprechen bei den Samenpflanzen die Pollensäcke und die Samenknospen. Diese Organe enthalten die zur Fortpflanzung nötigen Produkte, alles andere ist als Nebenorgan aufzufassen, bestimmt bei der Fortpflanzung eine helfende Nebenrolle zu spielen.

Wir haben jedoch hier zunächst den Blütenspross im allgemeinen morphologisch zu betrachten.

1. Der Blütenstand.

Selten hat eine Pflanze nur eine einzige Blüte, häufiger besitzt sie an den verschiedenen Sprossachsen (Seitenachsen) je eine terminale (endständige) Einzelblüte (Fig. 276). Der gewöhnliche Fall aber ist, dass mehrere Blüten zu einem Blütenstand (Infloreszenz) vereinigt sind.

Es liegt wohl auf der Hand, dass der Blütenstand die biologische Bedeutung hat, durch seine mannigfachen Verzweigungen der Achse Raum für zahlreiche Blüten zu schaffen. Es ist dabei interessant, dass einzeln stehende Blüten oft Früchte mit zahlreichen Samen hervorbringen, während Früchte, die in Blütenständen stehen, gewöhnlich wenigsamig sind. In beiden Fällen ist also der Erfolg derselbe.

Die Verzweigung der Blütenstände kann wie die der anderen Sprosse monopodial oder sympodial sein (s. oben).

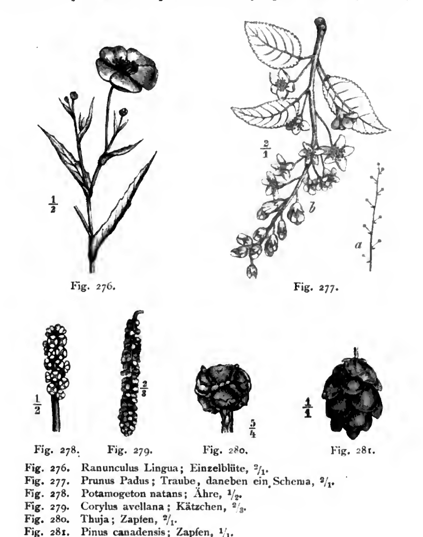


Fig. 276. Fig. 277.

Fig. 278. Fig. 279. Fig. 280. Fig. 281.

Fig. 276. Ranunculus Lingua; Einzelblüte, $^2/_1$.
Fig. 277. Prunus Padus; Traube, daneben ein Schema, $^2/_1$.
Fig. 278. Potamogeton natans; Ähre, $^1/_2$.
Fig. 279. Corylus avellana; Kätzchen, $^2/_3$.
Fig. 280. Thuja; Zapfen, $^2/_1$.
Fig. 281. Pinus canadensis; Zapfen, $^1/_1$.

Die monopodialen Blütenstände lassen sich in zwei Gruppen bringen; wenn sich die Hauptachse stärker verzweigt als die Nebenachsen, so redet man von botrytischen Blütenständen

(auch racemös), wenn umgekehrt die Entwicklung und Verzweigung der Hauptachse schwächer ist als die der Nebenachsen, so sind die Blütenstände cymös; weil bei letzteren die Hauptachsen mit Blüten abschliessen, bei ersteren dagegen gewöhnlich nicht, so nennt man die botrytischen Blütenstände auch wohl unbegrenzt, die cymösen begrenzt. Bei beiden unterscheidet man verschiedene Hauptformen: wenn an einer verlängerten Hauptachse kürzere Seitenachsen sitzen (Fig. 277), so nennt man diesen Blütenstand Traube, fehlen aber die Seitenachsen, so dass die Blüten sitzend erscheinen (Fig. 278), so entsteht eine Ähre. Die Ähre kann ihrerseits wieder verschiedene Formen annehmen: stehen die Blüten sehr dicht, so spricht man von einem Kätzchen (Fig. 279), wenn hierbei die Achse verholzt, von einem Zapfen. Nebenbei bemerkt sind die Zapfen der Gymnospermen (Fig. 280 und 281) eigentlich keine Fruchtstände, sondern Früchte. Wenn die Achse der Ähre selbst dick und mehr oder weniger fleischig wird, so heisst der Blütenstand ein Kolben (Fig. 282).

Sodann kann bei botrytischen Blütenständen der Fall eintreten, dass die Hauptachse sich verkürzt, die Blüten selbst dagegen gestielt sind; gewöhnlich liegen dann die Blüten in einer Ebene, sie bilden gewissermassen einen Schirm, einen derartigen Blütenstand nennt man eine Dolde (Fig. 283); dieselbe kann einfach oder doppelt sein. An der Ursprungsstelle der Dolden und Döldchen sitzt gewöhnlich eine Hülle von Hochblättern (das Involucrum). Wenn sich nun hierbei auch noch die Seitenachsen verkürzen, sodass also die Blüten selbst auch mehr oder

weniger sitzend sind, so entsteht ein Köpfchen (Fig. 284), eine besondere Art desselben ist das Körbchen der Kompositen, bei dem der Blütenboden eine scheiben- oder

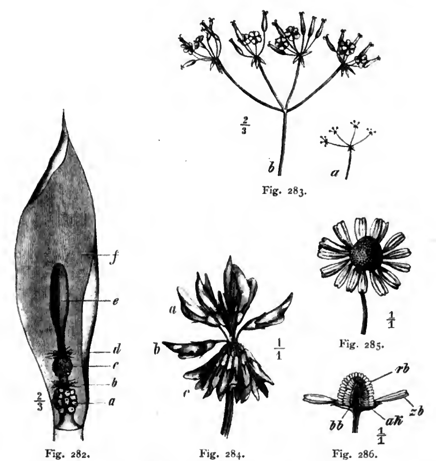


Fig. 282. Arum maculatum; Kolben nach Fortnahme des vorderen Teils der Spatha, *a* = Stempelblüten, *b* = Haare darüber, *c* = Staubgefässblüten, *d* = Haare darüber, *e* = Kolben, *f* = Spatha, $^2/_3$.

Fig. 283. Anthriscus cerefolium; zusammengesetzte Dolde, $^2/_3$.

Fig. 284. Trifolium repens; Köpfchen, *a* = aufrechte unbefruchtete Blüten, *b* = eine sich senkende Blüte, *c* = gesenkte befruchtete Blüten, $^1/_1$.

Fig. 285. Matricaria chamomilla; Körbchen, $^1/_1$.

Fig. 286. Dasselbe im Längsschnitt; *ak* = Aussenkelch, *bb* = hohler Blütenboden, *zb* = Zungen-(Rand-)blüten, *rb* = Röhren-(Scheiben-)blüten, $^1/_1$.

kegelförmige Erweiterung erfahren hat, hinzu kommt noch eine besondere Hülle von Hochblättern, oft sind die Rand- und Scheibenblüten des Körbchens verschieden (Fig. 285, 286 und 404); das Körbchen hat mehr als alle anderen Blütenstände einen einheitlichen blütenartigen Charakter.

Die zweite Hauptform der botrytischen Blütenstände ist die Rispe, es ist dies ein traubenartiger Blütenstand mit verzweigten Seitenachsen und pyramidalem Aufbau (Fig. 287);

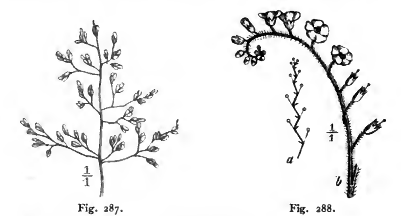


Fig. 287. Fig. 288.

Fig. 287. Glyceria aquatica; Teil der Rispe, $^1/_1$.
Fig. 288. Myosotis hispida; Wickel, $^1/_1$.

liegen hierbei die Blüten flach in einer Ebene, so heisst sie Doldenrispe, überragen die unteren Zweige die oberen, so spricht man von einer Spirre (ausgeprägt bei den Juncaceen).

Die cymösen Blütenstände kommen, wie gesagt, dadurch zu stande, dass die Nebenachsen sich stärker entwickeln als die Hauptachse, nach der Zahl der Seitenstrahlen unterscheidet man dabei Monochasien, Dichasien und Pleiochasien. Die Monochasien bringen an jeder Achse nur je einen Zweig hervor, bleibt die Richtung der Auszweigungen hierbei die gleiche, so entsteht ein Schraubel, wechselt

dieselbe dagegen fortwährend, ein Wickel (Fig. 288). Bringen die Achsen je zwei Zweige hervor, so spricht man von einem Dichasium (Fig. 289), und bei den Pleiochasien ist die Zahl der Zweige noch grösser. Die beiden letzteren cymösen Blütenstandsformen haben oft einen doldenartigen Charakter und heissen daher auch Trugdolden. Auch ein dem Köpfchen entsprechender

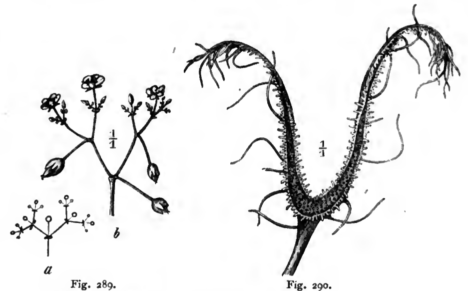


Fig. 289. Fig. 290.

Fig. 289. Spergula arvensis; Dichasium, 1/1.
Fig. 290. Dorstenia ceratosanthes; Blütenkuchen, 1/1.

cymöser Blütenstand kann durch Verwachsung der Strahlen zu einer flachen Scheibe, dem sogenannten Blütenkuchen entstehen, z. B. bei Dorstenia (Fig. 290).

2. Die Hochblätter.

Es ist schon darauf hingewiesen, dass die Hochblätter mehr in die Blütenregion gehören; meistens sind es kleine, zarte, oft hinfällige grüne Blättchen, die nach unten in

die Laubblattregion übergehen, sie haben dann wohl nur den morphologischen Wert, die letztere abzuschliessen. Manchmal freilich nehmen sie eine besondere Funktion an, so bilden sie bei den Kompositen (Fig. 404 und 431) eine als

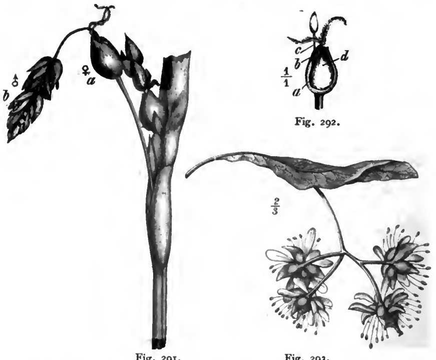


Fig. 292.

Fig. 291. Fig. 293.

Fig. 291. Coix Lacryma; Halm mit Blütenständen; bei *a* ein ♀ Blütenstand mit elfenbeinartigem Gehäuse (dem Scheidenteil des Tragblattes), in demselben sitzt eine ♀ Ähre (die Griffel sehen heraus), und aus ihm ragen die langgestielten aus paarweisen Ähren gebildeten ♂ Blütenstände *b* hervor, $^1/_1$.

Fig. 292. Dieselbe; ein junger Blütenstand, das Gehäuse *a* ist halb fortgenommen, darin sitzen zwei unfruchtbare ♀ Ähren *b*, ein fruchtbares Ährchen *a* und ein gestielter ♂ Blütenstand *c*, $^1/_1$.

Fig. 293. Tilia grandiflora; Blütenstand mit schirmartigem Hochblatt, $^1/_1$.

Knospenschutz wirksame Hülle, bei Calla und Arum (Fig. 282) ist das grosse Schau- und Hüllblatt, die Spatha, auch ein Hochblatt, bei anderen, z. B. Salvia Horminium (Fig. 402), sind sie ebenfalls Schaublätter; ein besonders interessanter

Fall ist der von Coix lacryma (Fig. 291 und 292). Hier bildet der Scheidenteil des Tragblattes, welches den morphologischen Wert eines Hochblattes besitzt, ein elfenbeinartiges, festes Gehäuse, in welchem von ihm ausserordentlich geschützt die weibliche Ähre sitzt, während die weniger schutzbedürftigen männlichen Blütenstände langgestielt hervorragen. — Das Hochblatt von Tilia (Fig. 293) kann man als einen schützenden Schirm des unter ihm liegenden Blütenstandes ansehen.

3. Bau der Blüte.

Die typische Blüte der Phanerogamen oder Samenpflanzen ist zwitterig und besitzt eine doppelte Hülle, Kelch und Blumenkrone, beide aus je einem Kreis von Blattorganen gebildet, innerhalb derselben die männlichen (♂) und weiblichen (♀) Geschlechtsorgane, erstere sind die Staubgefässe, die Träger der Pollensäcke, letztere die Stempel, die Träger der Samenknospen (Fig. 294 und 295 S. 144), beide sind ebenfalls Blattorgane, wie aus Rückschlagserscheinungen hervorgeht (Fig. 296 u. 297 S. 144), weshalb man richtiger von Staubblättern und Fruchtblättern spricht.

Diese vier Organe: Kelch, Blumenkrone, Staubgefässe und Stempel (oder wie man sie ihrer Natur zufolge auch nennt: Kelchblätter, Blumenblätter, Staubblätter und Fruchtblätter, „Metamorphosenstufen des Blattes") sind nun aber keineswegs in jeder Blüte sämtlich vorhanden; es kann ein und das andere fehlen, nicht fehlen (wenigstens zu gleicher Zeit) dürfen natürlich die Staub- und Fruchtblätter; wenn dies trotzdem der Fall ist und die Blüte also lediglich aus der Hülle besteht (Fig. 392),

so muss sie damit ihren eigentlichen Zweck und Charakter einbüssen, muss also einem anderen Zweck dienen, der dann allerdings immer noch der Fortpflanzung unterstellt ist.

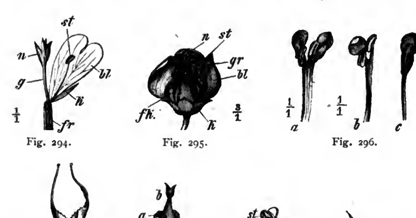


Fig. 294. Fig. 295. Fig. 296.

Fig. 297. Fig. 298. Fig. 299. Fig. 300.

Fig. 294. Epilobium hirsutum; Teil einer Blüte, *k* = Kelch, *bl* = Blumenblatt, *st* = Staubblatt, *fr* = (unterständiger) Fruchtknoten, *g* = Griffel, *n* = (gelappte) Narbe, die übrigen Kelch-, Blumen- und Staubblätter sind fortgenommen, 1/1.

Fig. 295. Pirola minor; Blüte nach Fortnahme der beiden vorderen Blumenblätter, *k* = Kelch, *bl* = Blumenblatt, *st* = Staubfaden, *fk* = Fruchtknoten, *gr* = Griffel, *n* = Narbe.

Fig. 296. Fuchsia spec.; Metamorphose der Staubblätter, 1/1.

Fig. 297. Prunus avium; Stempel aus einer gefüllten Blüte, Metamorphose der Fruchtblätter, 2/1.

Fig. 298. Fraxinus excelsior; nackte Zwitterblüte, *a* = Staubblatt, *b* = Fruchtblatt, 3/1.

Fig. 299. Hippuris vulgaris; nackte Blüte, *a* = abgeschnittenes Stützblatt, *fr* = Fruchtknoten, *g* = Griffel, *st* = Staubblatt, 3/1.

Fig. 300. Salix caprea; weibliche nackte Blüte im Winkel des behaarten Deckblattes, 1/1.

Als das unwesentlichste kann nun die Blütenhülle fehlen, man spricht dann von nackten Blüten (Fig. 298 bis 300), davon wird unten noch die Rede sein, manchmal ist die Blütenhülle auch nur durch Honigschuppen vertreten wie bei Salix (Fig. 300, in der Figur jedoch wenig sichtbar,

das Blättchen ist ein Hochblatt). — Es können nun aber auch in den eigentlichen Blüten entweder die Staubblätter oder die Fruchtblätter fehlen, dann sind sie eingeschlechtig, weil sie eben nur eine Art von Geschlechtsorganen besitzen. Blüten, welche nur Staubblätter haben, heissen männlich, solche, welche nur Fruchtblätter besitzen, weiblich. Die Trennung der Geschlechter kann sich nur auf die Blüte beziehen, während eine und dieselbe Pflanze beiderlei



Fig. 301.

Fig. 301. Nymphaea alba; Längsschnitt durch die Blüte, $^1/_1$.

Blüten (männliche und weibliche) haben kann, sie heisst dann monöcisch oder einhäusig; aber die Trennung kann noch weiter gehen, sodass die verschiedengeschlechtigen Blüten sogar auf verschiedenen Exemplaren der betreffenden Pflanzenart stehen, man nennt letztere dann diöcisch oder zweihäusig (Fig. 389), man muss dann von männlichen und weiblichen Pflanzen sprechen, so ist es z. B. bei den Salixarten, während die Kupuliferen (Eiche, Buche, Hasel u. s. w.) einhäusig sind. S. unten.

Die genannten vier Arten von Blütenorganen sind aber auch in vielen Fällen in einer und derselben Blüte vorhanden und folgen dann in der oben genannten Reihenfolge, niemals anders, auf einander. Eine solche Blüte heisst zwitterig oder zweigeschlechtig.

Die Blütenorgane stehen in gesetzmässigen Kreisen, jede Art bildet für sich einen Kreis oder auch mehrere Kreise, die gegenseitige Stellung dieser Kreise wie ihre Zahlenverhältnisse sind wiederum gesetzmässig, bieten im übrigen aber gar mannigfache Verschiedenheiten. Dieselben lassen sich am besten aus sogenannten Diagrammen erkennen, man versteht darunter Grundriss-Projektionen der Blüte, in welchen die verschiedenen Blattorgane durch einfache Zeichen, Kreisbogen, kleine Kreise u. dergl. dargestellt sind.

Stehen die Blütenorgane nicht in Kreisen, sondern sind sie in einer Spirale angeordnet, so nennt man die Blüte acyklisch, im anderen Fall cyklisch. Acyklisch stehen z. B. die Blumenblätter und Staubblätter von Nymphaea alba (Fig. 301).

Die Zahl der Kreise innerhalb der Blüte kann zwischen 1 und 15, ja bei gefüllten Blüten bis 50 schwanken, alle Kategorien von Blütenorganen können in mehrfachen Kreisen auftreten.

Die Zahl der Blätter der einzelnen Kreise kann auch wieder verschieden sein, man bezeichnet die letzteren darnach als dimer (2), trimer (3), tetramer (4), pentamer (5) u. s. w. Manche Pflanzenfamilien haben dabei einen ganz konstanten Bau der Blüte, bei anderen ist er weniger konstant. Die verschiedenen Kreise können eine gleiche

Anzahl von Gliedern oder eine ungleiche haben, die gleichzähligen Blüten heissen isocyklisch, die anderen heterocyklisch.

Was die Lage der Kreise zu einander betrifft, so können zwei Fälle eintreten, entweder stehen die Glieder eines Kreises zwischen denen des vorhergehenden Kreises, man sagt dann, sie alternieren, oder die entsprechenden Glieder des einen Kreises stehen vor denen des anderen, sie sind

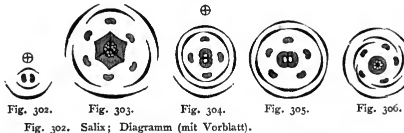


Fig. 302. Salix; Diagramm (mit Vorblatt).
Fig. 303. Acorus calamus; Diagramm, trimere pentacyklische Blüte.
Fig. 304. Asperula odorata; Diagramm, tetramere Blüte.
Fig. 305. Rubia tinctorum; Diagramm, pentamere heterocyklische Blüte.
Fig. 306. Primula veris; Diagramm, opponierte Stellung der Quirle.

dann, wie man sagt, opponiert; alternierende Kreise sind als Regel anzusehen.

Für alle diese Verhältnisse zeigen die Figuren 302—306 Beispiele.

Die Verhältnisse des Diagramms können nun aber auf zweifache Weise eine Änderung erfahren, die nicht auf der gesetzmässigen Anordnung der betreffenden Art beruht, sondern auf Nebenerscheinungen, die sich aus der Entwicklungsgeschichte ergeben. Es ist nämlich möglich, dass sich die Zahl der Glieder eines Kreises verdoppelt, indem sich die vorhandenen Glieder teilen. Beispielsweise ist bei den Cruciferen der zweite, ursprünglich zweigliedrige Staub-

blattkreis durch Teilung viergliedrig geworden. Anderseits kann auch wohl eine Verwachsung vorhandener Glieder vorkommen, wodurch ihre Zahl natürlich verringert wird. Letzteres geschieht aber häufiger durch Abortus, indem einzelne Glieder schwinden.

Derartige Vorkommnisse finden ihre Aufdeckung durch das Studium der Entwicklungsgeschichte wie auch der nächstverwandten Formen solcher Pflanzen.

In ihrem Gesamtbau kann die Blüte regelmässig sein (Fig. 322—327), dann lässt sie sich durch mehrere Schnitte in gleiche Hälften teilen, oder symmetrisch (Fig. 328—334), dann ist es nur durch einen Schnitt möglich, sie in zwei gleiche (d. h. spiegelbildlich gleiche) Hälften zu teilen, diese Begriffe decken sich mit den oben bei Gelegenheit der Blattstellung gebrauchten „strahlig“ und „zweiseitig“; drittens kann aber auch der Fall eintreten, dass sich die Blüte durch keinen Schnitt in zwei gleiche Hälften teilen lässt (Fig. 307), dann ist sie unsymmetrisch.



Fig. 307. Canna indica; unsymmetrische Blüte, *k* = Kelch, *p* = Blumenblätter, *l* = Lippe, *a* = Anthere, *st* = Staminodium, *f* = Fruchtknoten, *g* = Griffel.

Bei der regelmässigen oder strahligen Blüte sind die Glieder der einzelnen Kreise gleichwertig oder gleichartig, sowohl nach Gestalt, Färbung und Grösse als nach Anordnung, bei der symmetrischen oder zweiseitigen Blüte sind nicht alle Glieder gleichartig, sondern nach Gestalt, Grösse, Färbung und Anordnung lassen sich zwei Gruppen von Gliedern aufstellen, die sich

spiegelbildlich gleich sind, bei den unregelmässigen Blüten, die nach unserer Erklärung seltener sind, geht diese Ungleichheit noch weiter, sodass sich nicht mehr zwei derartige Gruppen aufstellen lassen, das betrifft dann vor allem die Anordnung. Diese Symmetrieverhältnisse lassen sich auf einzelne Kreise wie auch auf alle beziehen.

Diese ältere Einteilung der Blüten nach den Symmetrieverhältnissen erscheint sowohl einfacher als auch zweckentsprechender als die, welche jetzt aufgekommen ist nach der Zahl der Symmetrieebenen in „polysymmetrische", „monosymmetrische" und „asymmetrische" Blüten. Die von uns gebrauchten Ausdrücke entsprechen den heute vielfach benutzten Wörtern „aktinomorph" (regelmässig, strahlig) und „zygomorph" (symmetrisch, zweiseitig).

Zu erörtern ist in diesem Zusammenhang noch die Rolle, welche die Achse des Blütensprosses, kurz Blütenachse genannt, bei der Blütenbildung spielt; das hängt mit dem Begriff der Insertion zusammen, d. h. mit der Art und Weise, wie die Blütenorgane auf dem Blütenboden eingefügt sind.

Der Teil der Achse, welcher direkt die Blütenorgane trägt, heisst Blütenboden, gewöhnlich steht demselben nur ein kleiner Raum zur Verfügung, auf dem sich die Fruchtblätter und um diese herum die anderen Organe befinden, die letzteren stehen dann also ausserhalb oder in vertikaler Richtung gerechnet unterhalb der ersteren und man sagt dann, die Blumenblätter u. s. w. sind unterständig oder hypogyn (Fig. 313, 323 und 339); Familien, deren Glieder eine ausgesprochen unterständige Blumenkrone haben, sind z. B. Ranunculaceen, Sileneen, Cruciferen.

Nicht immer aber ist der Blütenboden ein so beschränkter kleiner Raum, er kann vielmehr auch ein Wachstum zeigen und sich wesentlich verbreitern, dadurch nimmt er eine teller- und scheibenförmige Gestalt an, den Mittelpunkt bilden die Fruchtblätter und die anderen Organe stehen darum herum, dabei kann die Scheibe sich aber auch wölben und becherförmig werden durch interkalares Wachstum, dadurch werden dann auch die Kelch-, Blumen- und Staubblätter an die Peripherie der Scheibe geschoben,

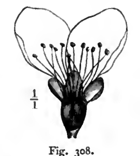


Fig. 308.

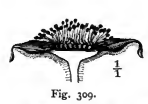


Fig. 309.

Fig. 308. **Amygdalus communis**; Blüte im Längsschnitt, perigyne Insertion der Laubblätter, $^1/_1$.

Fig. 309. **Rubus odoratus**; abgeblühte Blüte, um die Insertion zu zeigen, $^1/_1$.

während die Fruchtblätter in der Mitte bleiben, man kann dann nicht mehr von unterständig und hypogyn reden und bezeichnet daher diese Art von Insertion als perigyn, wir finden sie besonders bei den Amygdalaceen und Rosaceen (Fig. 308 u. 309).

Aus der perigynen Insertion lässt sich die dritte Art, die epigyne oder oberständige ableiten, man denke sich die ausgehöhlte Achse bei der perigynen Insertion mit den zentral stehenden Fruchtblättern verwachsen, so müssen nun Kelch-, Blumen- und Staubblätter oben auf den Fruchtblättern sitzen und letztere unter den übrigen Blüten-

organen liegen, man sagt dann also von ersteren: sie sind oberständig (Fig. 318, 322, 331), die Fruchtblätter sind in diesem Fall natürlich unterständig.

Die Beteiligung der Achse an der Blütenbildung kann sich auch in drüsigen Wucherungen zwischen den einzelnen Blütenorganen äussern, man bezeichnet eine solche als Diskus, oft dient letzterer als Honigdrüse (Fig. 310), auch auf den unterständigen Fruchtblättern können Diskusbildungen sitzen (Fig. 311).



Fig. 310. Fig. 311. Fig. 312.

Fig. 310. Cleome violacea; Blüte mit Achseneffigurationen, $^3/_1$.

Fig. 311. Heracleum sphondylium; Blüte mit epigyner Insertion der Blumenblätter, Fruchtknoten *fr* mit Diskus *d*, $^3/_1$.

Fig. 312. Colutea arborescens; gestielter Stempel, *st* = Stiel, *f* = Fruchtknoten, *g* = Griffel, *n* = Narbe, $^2/_1$.

Endlich sei hier noch des Umstandes gedacht, dass innerhalb der Blüte Internodien der Achse auftreten können, dadurch werden einzelne Blütenorgane emporgehoben und getragen, so findet sich z. B. zwischen Kelch- und Blumenblättern bei Dianthus ein Internodium; entsteht es vor den Staubblättern, so erscheinen sie gestielt und man spricht von Androphor, entsteht es zwischen Staub- und Fruchtblättern, so sind letztere gestielt und man nennt dieses Internodium ein Gynophor (Fig. 312). Für diese Verhältnisse bieten die Familien der Passifloren und Capparideen besonders lehrreiche Beispiele.

4. Die Blütenhülle.

Dass die Blütenhülle aus Blattorganen besteht, ist zumeist klar erkennbar, der äussere Kreis hat sogar noch die grüne Farbe der Laubblätter, bei den inneren ist die Metamorphose schon weiter vorgeschritten, indem sie meist eine andere, bunte, Farbe angenommen haben.

Die Aufgabe der Blütenhülle ist selbstverständlich der Schutz der innenstehenden Organe, die wir ja als die eigentlichen Fortpflanzungsorgane angesprochen haben; dieser Schutz muss besonders dann wirksam sein, wenn die Staub- und Fruchtblätter noch jung und nicht reif sind, d. h. in der Knospe, dies ist auch die besondere Aufgabe des derberen Kelches, wie man den äusseren Kreis bezeichnet; die andere Aufgabe der Blütenhülle und zwar in erster Linie des zweiten Kreises, den man Blumenkrone nennt, ist die, durch bunte Farbe die Insekten anzulocken, weshalb — werden wir weiter unten sehen; wenn die Pflanze der Insekten nicht bedarf, so ist die Hülle auch gewöhnlich unscheinbar, selten ist die Hülle von Blüten, die von Insekten besucht werden, grün, ist dies der Fall, dann kann sie wohl, da sie nur zum Schutz der unreifen Fortpflanzungsorgane dient, beim Reifwerden der letzteren abgeworfen werden, wie dies z. B. Vitis vinifera (Fig. 313) zeigt; es treten in diesem Fall an die biologische Stelle der Blumenkrone starker Geruch und Honig.

Wir haben schon oben gesehen, dass die Blüten manchmal nackt sind (Fig. 298, 299). Sind nicht zwei verschiedene Kreise von Hüllblättern vorhanden, sind also alle Blätter der Hülle gleichartig, so spricht man von einem Perigon,

dasselbe findet sich besonders häufig bei Monokotylen z. B. Tulipa (Fig. 425 und 426). Das Perigon kann unscheinbar grün (Chenopodiaceen), ja bei Scirpusarten (Fig. 314) borstenförmig oder haarartig sein; in letzterem Falle ist es biologisch ein Flugorgan. Es kann aber auch blumenkronartig (Liliaceen) gefärbt sein. Dass das Perigon also gewissermassen Kelch und Blumenkrone in sich vereinigt, geht daraus hervor, dass es in gewissen Fällen aussen kelchartig grün, innen blumenkronenartig gefärbt ist, wie z. B. bei Ornithogalum. Im übrigen kann das



Fig. 313.



Fig. 314.

Fig. 313. Vitis vinifera; Abwerfen des grünen Perigons *p*, a) Blüte mit sich abhebendem Perigon; b) Blüte ohne Perigon, zwischen den Staubgefässen Honigdrüsen, $^3/_1$.

Fig. 314. Scirpus palustris; Blüte mit borstenförmigem Perigon.

Perigon als Blütenhülle dieselben mannigfachen Veränderungen erfahren, wie sonst ein Blattorgan, bezw. Kelch und Blumenkrone.

Wenn zwei verschiedene Kreise in der Blütenhülle zu unterscheiden sind, so nennt man also den äusseren Kelch (Calyx), den inneren Blumenkrone (Corolla).

Die Blätter des Kelches sind gewöhnlich kleiner, ungestielt, ungeteilt und grün, die alte Morphologie nannte die Kelchblätter Sepala. — Nicht immer sind die Kelchblätter ganz von einander getrennt (mehrblätteriger Kelch),

wie z. B. bei den Cruciferen (Fig. 323) oder bei Campanula (Fig. 325), sondern oft ist er verwachsenblätterig und seine Teilblätter erscheinen an ihm nur als Zipfel oder Zähne (Fig. 333), dabei kann er dann eine mehr oder weniger lange Röhre bilden, wie bei Önothera (Fig. 322) oder Datura (Fig. 324). Andere Ausdrücke, wie glockig, trichterig, aufgeblasen u. dergl. mehr, sind an sich verständlich. Die Symmetrieverhältnisse des Kelches entsprechen dem oben Gesagten.

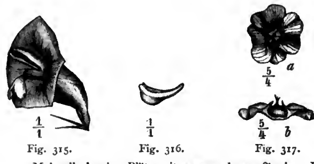


Fig. 315. Molucella laevis; Blüte mit grossem kragenförmigen Kelch, 1/1.
Fig. 316. Tilia grandiflora; einzelnes Kelchblatt, einen Honigsack bildend, 1/1.
Fig. 317. Salsola kali; Frucht; a) von oben, b) von der Seite nach Fortnahme eines der zu einem Flugorgan ausgewachsenen Kelchblätter, 5/4.

Der Kelch ist nicht immer grün, er kann vielmehr auch blumenkronenartig ausgebildet sein, oft geschieht dies dann später, nachdem er seine Schuldigkeit bezüglich des Knospenschutzes gethan hat. Solche blumenkronenartigen Kelche finden sich z. B. bei den Ranunculaceen oft (Fig. 339, 398). Dabei ist der Kelch dann auch meistens grösser als gewöhnlich, bei Molucella laevis (Fig. 315) übertrifft er die Krone an Grösse; in diesen Fällen dient er also offenbar der Anlockung von Insekten; bei Molucella liefert er z. B. ein wirksames Relief für die

Krone. — Gewöhnlich sind die Kelchblätter ungestielt, aber auch hiervon finden sich Ausnahmen (z. B. Cruckshanksia flava). Auch das Ungeteiltsein trifft nicht immer zu, bei Rosa z. B. ist der Rand der Kelchblätter wie gefiedert. — Da die eigentliche Bedeutung des Kelches im Schutz der Blütenknospe liegt, so ist er gewöhnlich nicht von langer Dauer, oft fällt er sogar von der Blumenkrone ab (Papaver), in anderen Fällen allerdings wächst er während der Fruchtreife zu einer mehr oder weniger deutlichen Hülle der Frucht aus (Fig. 320 und 321); anderseits ist er oft von vornherein mehr oder weniger trockenhäutig wie bei manchen Alsineen.

Es war oben schon von einem Funktionswechsel des Kelches die Rede, ein solcher kann auch in anderer Hinsicht eintreten: oft besitzt er einen Sporn für Honig oder er ist ganz zu einem Honigsack geworden, wie bei Tilia (Fig. 316), oder auch er wächst zu einem Flugorgan aus, das der Verbreitung der Frucht oder des Samens dient, dabei kann er flügelartig oder fallschirmartig werden (Fig. 317), oder aber er ist von vornherein haarartig und wächst während der Fruchtreife zu einem aus langen Haaren gebildeten Flugorgan, dem sogenannten Pappus, aus (Fig. 318 und 319), derselbe ist der Familie der Kompositen eigentümlich.

Die Blumenkrone ist, wie gesagt, meist bunt, zarter und grösser als der Kelch. Sie besteht entweder aus einzelnen Blättern, ist freiblätterig (Fig. 322 u. 323), oder die Blätter sind verwachsen, einblätterige oder besser verwachsenblätterige Krone (Fig. 324—327). Gewöhnlich sind auch die Blumenblätter ungestielt (Fig. 322), bei den gestielten oder

genagelten (Fig. 323 und 338) nennt man den Stiel den Nagel und das übrige die Platte; dadurch, dass die Platte rechtwinklig absteht, bildet sie eine bequeme Anflugstelle für die Insekten.

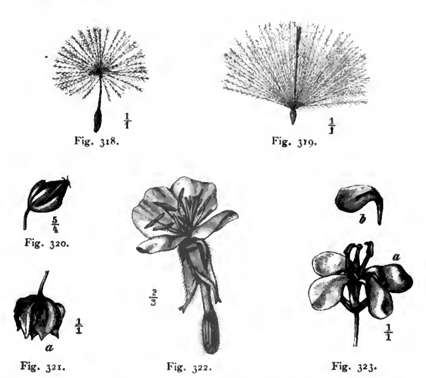


Fig. 318. Leontodon taraxacum; Frucht mit Pappus, dem zum gestielten Flugorgan ausgewachsenen Kelch, $^1/_1$.

Fig. 319. Cirsium arvense; Frucht mit sitzendem Pappus, $^1/_1$.

Fig. 320. Polygonum fagopyrum; bleibendes, etwas weiterwachsendes Perigon.

Fig. 321. Oxybaphus glabrifolius; Frucht mit weiter gewachsenem Kelch (Schutz), $^1/_1$.

Fig. 322. Oenothera biennis; Blüte, Blumenblätter auf der Kelchröhre sitzend, deren Zipfel an der Spitze verwachsen, $^1/_1$.

Fig. 323. Brassica napus; a) Kreuzblüte, b) einzelnes genageltes Blumenblatt, $^1/_1$.

Bezüglich der Symmetrieverhältnisse ist auf das oben Gesagte zu verweisen: die freiblättrige wie die ver-

wachsenblättrige Blumenkrone kann regelmässig strahlig (Fig. 324—327), symmetrisch (Fig. 328—334) oder unsymmetrisch (Fig. 307) sein.

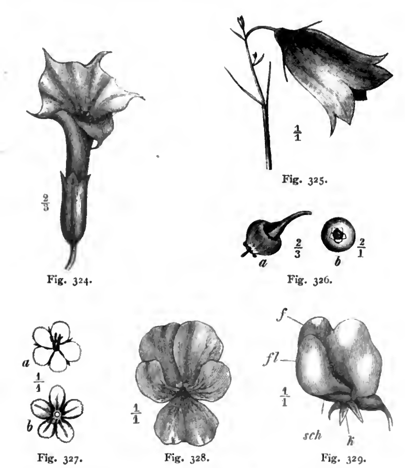


Fig. 324. Datura Stramonium; trichterförmige Blüte, $^2/_3$.
Fig. 325. Campanula rotundifolia; glockenförmige Blüte, $^1/_1$.
Fig. 326. Vaccinium myrtillus; regelmässige kugelige Blumenkrone, a) von der Seite, b) von oben, $^2/_3$.
Fig. 327. Anagallis arvensis; radförmige Blüte, a) von oben, b) abgefallene Blumenkrone von unten, $^1/_1$.
Fig. 328. Viola tricolor; symmetrische Blüte, $^1/_1$.
Fig. 329. Pisum sativum; Schmetterlingsblüte, *k* = Kelch, *f* = Fahne, *fl* = Flügel, *sch* = Schiffchen, $^1/_1$.

Die Formen der Krone sind ausserordentlich mannigfaltig: röhrig z. B. bei Symphytum, trichterförmig z. B. bei

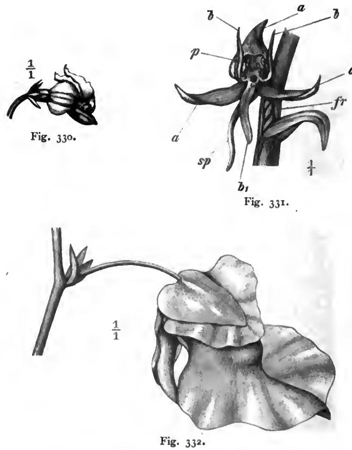


Fig. 330. Lechenaultia formosa; symmetrische Blüte, $^1/_1$.

Fig. 331. Platanthera chlorantha; Orchideenblüte, a = äussere Perigonblätter, b = innere Perigonblätter, b_1 = Labellum, sp = Sporn, p = Pollensäcke, fr = Fruchtknoten, $^1/_1$.

Fig. 332. Utricularia montana; symmetrische Blüte.

Datura (Fig. 324), glockig, z. B. Campanula (Fig. 325), krug- oder kugelförmig, z. B. Vaccinium (Fig. 326), teller-

förmig, z. B. Phlox, radförmig, z. B. Anagallis (Fig. 327); alle diese Formen sind regelmässig-strahlig; symmetrisch ist die lippenförmige und rachenförmige Krone der Labiaten (Fig. 333), maskiert bei vielen Scrophularineen (Fig. 397), wobei der Schlund geschlossen ist. Als andere symmetrische Blumenkronformen seien noch angeführt die von Viola (Fig. 328), von Pisum (Schmetterlingsblüte, Fig. 329), von Lechenaultia (Fig. 330), Platanthera (Orchisform, Fig. 331), Utricularia (Fig. 332), Centaurea Cyanus (Fig. 334).

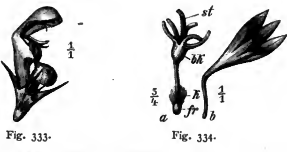


Fig. 333. Fig. 334.

Fig. 333. Lamium album; Lippenblüte, $^1/_1$.

Fig. 334. Centaurea Cyanus; einzelne Blüten, a) fruchtbare Scheiben-, b) unfruchtbare Randblüte, *k* = Kelch (Haarkelch), *bk* = Blumenkrone, *st* = Staubgefässröhre, *fr* = Fruchtknoten, *a* $^5/_4$, *b* $^1/_1$.

Bezüglich der Dauer der Krone ist dasselbe zu sagen wie beim Kelch: gewöhnlich ist sie ja noch zarter als der letztere, daher auch wie dieser hinfällig, bei Myriophyllum und, wie schon oben bemerkt, Vitis fällt sie sofort nach der Öffnung ab, gewöhnlich aber erst nach der Pollenreife und vor der Fruchtreife, seltener bleibt die Krone länger, dabei verwelkt sie meistens (z. B. Trifolium), oder aber sie wächst mit der Frucht und bildet verhärtend einen Schutz für dieselbe, z. B. bei Mirabilis, bei der sich allerdings der obere Teil der Krone ablöst.

Die Blütenhülle kann jedoch neben diesen einfachen und normalen Fällen durch die Hochblätter eine Komplikation erfahren.

Wir haben der Hochblätter schon oben gedacht, sie aber als zur Fortpflanzungssphäre gehörig in dieses Kapitel verwiesen. Man versteht darunter Blätter, welche der Lage und Ausbildung nach zwischen den Laubblättern und Blütenblättern stehen. Sie sind gewöhnlich kleiner und einfacher als die Laubblätter und ungestielt, lassen aber auch wieder eine grosse Mannigfaltigkeit der Ausbildung zu, so sind sie z. B. bei Melampyrum cristatum zerschlitzt, während die Laubblätter ganzrandig sind, bei Salvia verticillata ganzrandig, während die Laubblätter es nicht sind.

Die Hochblätter können nun an der Blütenbildung in gewisser Weise teilnehmen, z. B. indem sie dem Kelch sehr nahe rücken und einen zweiten, sogenannten Aussenkelch bilden, wie er besonders bei den Malvaceen ausgebildet ist, hier ist er grün und unterstützt den Kelch (Fig. 335). Manchmal wirkt er aber durch seine Grösse und bunte Färbung und unterstützt die Wirkung der Blumenkrone, so z. B. der rotgefärbte ausgebreitete und daher auffallende Aussenkelch von Pavonia multiflora (Fig. 336), auch bei manchen Bromaliaceen, z. B. Nidularium.

Als ein Hochblatt (oder Deckblatt, Braktee) ist auch die Blütenscheide oder Spatha der Anoideen aufzufassen, z. B. bei Arum (Fig. 282), hier ist sie gross und gefärbt und vertritt die Stelle der Blumenkrone, bei anderen Monokotylen ist die Scheide ein häutiges Deckblatt, das die Blütenknospen umgiebt, sie kann aber auch ganze Blütenstände umfassen (Allium oleraceum).

Oft treten mehrere Hochblätter zu einer besonderen Hülle (Involucrum) des Blütenstands zusammen, besonders Dolden und Körbchen weisen sie auf, bei einigen Doldenpflanzen wird diese Hülle so gross und ist bunt gefärbt neben kleinen unscheinbaren Blüten, dass sie ganz die Stelle der Blumenkrone vertritt, z. B. bei Astrantia (Fig. 401). Die Hülle des Körbchens bei den Kompositen führt den Namen Hüllkelch. Die einzelnen Hochblätter sind hier mehr schuppenförmig und stehen gewöhnlich in grösserer Zahl bei einander, indem sie sich wie Dachziegel zusammenordnen (Fig. 404). Die Form des Hüllkelches ist wieder sehr mannigfach: die Blätter können krautig oft aber auch häutig sein; bei einigen Kompositen sind sie stachelig (Fig. 431) und sie bilden dann einen Schutz der Blüten. Die inneren stehen oft strahlig ausgebreitet und sind dann auch gefärbt, z. B. bei Carlina acaulis oder Rhodanthe (Fig. 430), da hier die Blüten selbst sehr klein sind, ist die biologische Bedeutung des Hüllkelchs als Lockmittel auf der Hand liegend. — Auch zwischen den Blüten des Körbchens finden sich bei manchen Kompositen noch Deckblättchen am Grunde der einzelnen Blüte, man bezeichnet dieselben dann als Spreuschuppen.

Erwähnt sei übrigens, dass der Aussenkelch nicht stets aus Hochblättern gebildet wird, z. B. zeigt die Entwicklungsgeschichte, dass der Aussenkelch der Rosaceen, der aus kleinen Blättchen zwischen den Kelchblättern besteht, von Nebenblättern der letzteren gebildet wird.

Zur Blütenhülle gehören ferner noch Gebilde, welche man mit dem Ausdruck Nebenkrone (Paracorolla) belegen kann. Es sind dies blumenkronenartige Gebilde oder

Anhänge der Krone, welche die Arbeit der letzteren unterstützen sollen, dahin gehören die Ligulargebilde der Narzisse (Fig. 337), die Kronenblattanhänge der Nelken (Fig. 338) und

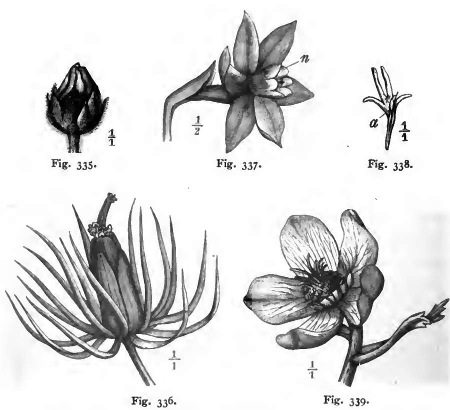


Fig. 335. Malva Alcea; aufbrechende Knospe mit Aussenkelch, $^1/_1$.
Fig. 336. Pavonia multiflora; mit rotgefärbtem als Lockapparat dienendem Aussenkelch, $^1/_1$.
Fig. 337. Narcissus Pseudonarcissus; Blumenkrone mit Nebenkrone, $^1/_2$.
Fig. 338. Lychnis flos cuculi; einzelnes geteiltes Blumenblatt mit Nebenkrone *a*, $^1/_1$.
Fig. 339. Helleborus niger; Blüte mit blumenkronenartigem Kelch, Blumenblätter zu kleinen röhrigen Nektarien umgewandelt, $^1/_1$.

die umgewandelten Staubblätter von Theobroma (Fig. 366) und Cajophora (Fig. 367). Die morphologische Natur dieser

mannigfachen Bildungen ist sehr verschieden, hier sind es Diskuswucherungen, dort Nebenblätter der Krone (Sapotaceen), bei anderen (Amaryllideen) wieder sollen es Nebenblätter der Staubblätter sein. — Es kommt vor, dass derartige Nebenkronen die eigentliche Krone an Farbe und Grösse übertreffen (z. B. bei Hymenocallis).

Ein Funktionswechsel der Blumenkrone ist seltener, doch können ihre Blätter zu Nektarien werden, indem

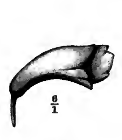


Fig. 340.



Fig. 341.

Fig. 340. **Helleborus niger**; einzelnes Nektarium, 6/1.
Fig. 341. **Corylus avellana**; Blütenknospe, deren Hülle aus Knospenschuppen gebildet ist, 3/1.

sie kleine mit Honig gefüllte Röhrchen bilden, während die gefärbten Kelchblätter die Rolle der Blumenkrone spielen (Helleborus niger Fig. 339 und 340).

Übrigens giebt es auch Fälle, in denen die Hülle der Blüte eine ganz andere morphologische Bedeutung hat, so z. B. bei den weiblichen Kätzchen von Corylus (Fig. 341), bei welchen die biologisch als Hülle wirksamen Organe Knospenschuppen sind.

5. Das Androeceum.

Dasselbe umfasst die männlichen Fortpflanzungsorgane, deren Träger, Staubblätter oder Staubgefässe, Blattnatur haben (Fig. 296), wie Rückschlagserscheinungen darthun. Das typische Staubblatt besteht aus einem Stiel, dem Staubfaden oder Filament, an dessen Ende die Anthere mit den Staubbeuteln oder Pollensäcken sitzt. Diese sind kugelig, meist in Zweizahl vorhanden; jeder Staubbeutel besteht aus zwei Hälften, im Durchschnitt sieht man also vier Fächer (Fig. 342 und 343), der Teil zwischen den Staubbeuteln, welcher also beide verbindet, heisst Konnektiv. In den Antherenfächern befindet sich der Pollen oder Blütenstaub.

Die Anthere ist als Blattgrund aufzufassen, die Spreitenspitze ist verkümmert oder bildet einen Fortsatz des Filaments (Fig. 353), letzteres ist der Blattstiel.

Die Staubblätter stehen entweder ebenso wie Kelch- und Blumenblätter auf dem gemeinsamen Blütenboden, z. B. bei den Ranunculaceen und Cruciferen (danach hat De Candolle seine Systemabteilung Thalamiflorae gebildet), bei Acer sitzen sie auf dem Diskus, bei den Rosifloren sind sie dem Kelchrand eingefügt und bei den Labiaten der Blumenkrone, sogar den Fruchtblättern können sie aufgewachsen sein, wie die Orchideen und Aristolochia zeigen.

Wachstumsrichtung, Zahl und Länge der Staubgefässe ist sehr verschieden, Richtung und Länge hängen mit der Bestäubung durch Insekten eng zusammen. Ihre Länge ist auch nicht immer gleich: bei den sogenannten zweimächtigen Staubgefässen der Labiaten sind von vieren zwei länger und

zwei kürzer, bei den viermächtigen Staubgefässen der Cruciferen sind vier länger und zwei kürzer (Fig. 323).

Im allgemeinen sind die Staubblätter mit den Fäden alle frei, allein sie können auch in allen Graden verwachsen, vom Grund an bis zur Spitze, sie können zu einem Bündel verwachsen, dann heissen sie einbrüderig

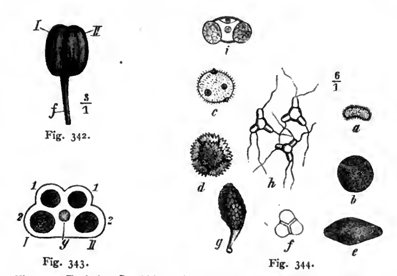


Fig. 342. Typisches Staubblatt, *I* und *II* die beiden Antherenhälften, durch eine Furche halbiert, *f* = Staubfaden (Filament), $^{8}/_{1}$.

Fig. 343. Dasselbe im Querschnitt; *I* und *II* die beiden Antherenhälften, 1 und 2 ihre Fächer mit Pollen, *g* = Gefässbündel, $^{6}/_{1}$.

Fig. 344 *a—i* Pollenkörner, verschiedene Formen. *a)* Commelina coelestis; *b)* Passiflora caerulea; *c)* Cucurbita pepo; *d)* Leontodon taraxacum; *e)* Pancratium delinatum; *f)* Epacris pulchella; *g)* Orchis militaris; *h)* Epilobium angustifolium; *i)* Pinus silvestris; stark vergr. (z. T. nach Bischoff).

(monadelphisch), wie z. B. bei Malva (Fig. 422), oder zu zwei Bündeln zweibrüderig (diadelphisch), wie bei den Schmetterlingsblütlern (Fig. 348), oder auch zu mehr als zwei Bündeln, vielbrüderig (polyadelphisch), z. B. bei Citrus. Aber auch die Antheren können verwachsen, wie das Beispiel der Kompositen (Fig. 409) zeigt.

Ausser den schon hierdurch gegebenen Änderungen kann das Staubblatt auch noch andere erfahren, so kann das Filament schwinden (Fig. 346 und 416 *b*) oder sich teilen (Fig. 347).

Das Filament ist nicht immer fadenförmig, sondern verbreitert, z. B. bei Nymphaea (Fig. 350), und verdickt,

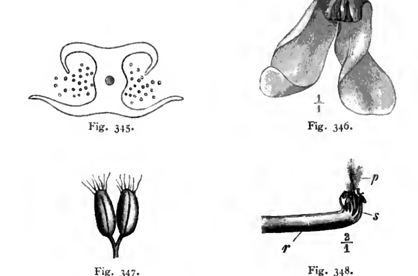


Fig. 345. Fig. 346. Fig. 347. Fig. 348.

Fig. 345. Entlassung des Pollens aus den aufgesprungenen Antheren, st. vergr.

Fig. 346. Cyclamen europaeum; Stück der Blumenkrone mit zwei sitzenden Antheren, $^1/_1$.

Fig. 347. Corylus avellana; geteiltes Staubblatt, stark vergr.

Fig. 348. Vicia cracca; Staubfadenröhre, durch Verwachsung der Filamente entstanden, den Griffel umgebend, *r* = Röhre der Staubfäden, *s* = deren freie Teile, *p* = Pinsel des Griffels, das zweite „Bündel" von Staubgefässen wird von einem hier nicht sichtbaren Staubgefäss gebildet, $^2/_1$.

manchmal keulenförmig z. B. bei Thalictrum aquilegifolium. Bei Begonia sind die Fäden zu einer Säule verbunden (Fig. 351); oft besitzen sie nebenblattartige Fortsätze (Fig. 352) oder Verlängerungen (Fig. 353).

Das Konnektiv ist auf der Rückseite der Anthere besonders deutlich, das Filament geht oft in dasselbe über, in anderen Fällen dagegen sind beide wie durch ein Gelenk verbunden und die Anthere erscheint am Faden

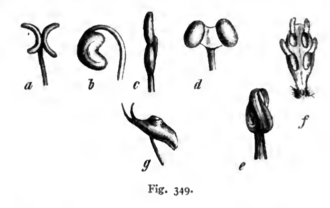


Fig. 349.

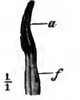


Fig. 350.

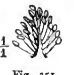


Fig. 351.



Fig. 352.

Fig. 349 *a—g*. Formen der Staubfäden. *a)* Amaranthus caudatus; *b)* Ajuga pyramidalis; *c)* Monarda fistulosa; *d)* Melissa grandiflora; *e)* Cucurbita pepo; *f)* Laurus cinnamomum; *g)* Arbutus Unedo (z. T. nach Bischoff).

Fig. 350. Nymphaea alba; einzelnes Staubgefäss mit verbreitertem Filament, *a* = Staubbeutel (Anthere), *f* = Staubfaden (Filament), $^1/_1$.

Fig. 351. Begonia; Staubfadensäule, $^1/_1$.

Fig. 352. Zygophyllum Tabago; Staubfaden mit Anhängsel am Grunde, das in der Blüte dem Griffel zugekehrt ist, $^1/_1$.

beweglich, z. B. Tulipa. Die Grösse des Konnektivs ist ebenso wie die Form mannigfach. Erwähnt sei nur noch das hebelförmige Konnektiv von Salvia (Fig. 408).

Die Antheren können am Grunde, in der Mitte oder an der Spitze am Filament angeheftet sein. Die Figuren 349

bis 356 zeigen einige Beispiele von der grossen Mannigfaltigkeit in der Ausbildung der Antheren: sie sind gerade oder gekrümmt, beide Säcke in gleicher oder in entgegengesetzter Richtung, sie stehen nebeneinander oder übereinander, genähert oder entfernt, sind gehörnt, geschwänzt, gespornt, gedreht u. s. w.

Auch die Art, wie sich die Anthere öffnet, kann verschiedenartig sein. Im allgemeinen erfolgt sie derart, dass das Gewebe in der Furche der einzelnen Fächer zerreisst, so dass sich die beiden Fächer eines Pollensacks gemeinsam öffnen (Fig. 345). Gewöhnlich entsteht dabei ein Längsspalt (Fig. 342 und 347), oder auch die Öffnung ist ein Loch (Fig. 355); besonders eigenartig ist es bei Fig. 349 *f*, wo sich einige Klappen loslösen. Manchmal bewirkt eine schraubenförmige Drehung die Öffnung (Fig. 356).

Allemal beruht das Öffnen auf bestimmten anatomischen Verhältnissen der Aussenwand, bezw. einer nach innen gelegenen Schicht derselben, deren Zellwände Leisten besitzen, die verholzt und verschiedenartig verteilt sind, so dass das Eintrocknen eine verschiedenartige Spannung und dadurch ein Zerreissen des Gewebes verursacht. — Mit dem Öffnen der Antheren ist manchmal ein Hervorschleudern der Filamente verbunden, wodurch der Pollen herausgeworfen wird (Fig. 357).

Den Inhalt der Antherenfächer bildet der Pollen oder Blütenstaub, er besteht aus zahlreichen Körnern, jedes Korn ist eine einzelne Zelle mit protoplasmatischem Inhalt (Spermatoplasma genannt). Die Aussenwand oder Exine ist mehr oder weniger stark ausgebildet, an sie lagert sich

eine Innenwand oder Intine an. Die Form der Pollenkörner ist wieder sehr mannigfach: kugelig, linsenförmig, ellipsoidisch, nierenförmig, tetraedrisch. Die Aussenwand besitzt eine oft gar zierliche Skulptur, Höcker und Stacheln

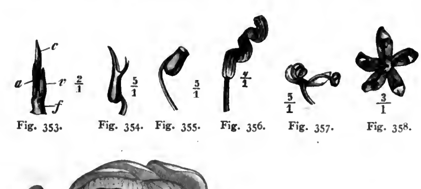


Fig. 353. Fig. 354. Fig. 355. Fig. 356. Fig. 357. Fig. 358.

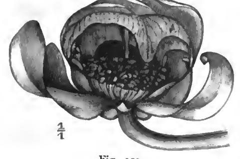


Fig. 359.

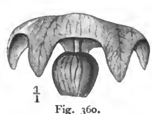


Fig. 360.

Fig. 353. Borrago officinalis; Staubgefäss, *a* = Anthere, *f* = Filament, *v* = Verlängerung des Filaments, *c* = Verlängerung des Konnektivs, $^{2}/_{1}$.

Fig. 354. Vaccinium Myrtillus; Staubgefäss mit hornartiger Verlängerung, $^{5}/_{1}$.

Fig. 355. Pirola minor; Stauhblatt, sich mit Löchern öffnend.

Fig. 356. Erythraea centaureum; gedrehtes Staubgefäss, $^{4}/_{1}$.

Fig. 357. Urtica urens; Schema des Vorschnellens der Antheren, rechts ein einwärts gekrümmtes, links ein vorgeschnelltes Staubgefäss, $^{5}/_{1}$.

Fig. 358. Beta vulgaris; die löffelförmige Blütenhülle sammelt den Blütenstaub, $^{3}/_{1}$.

Fig. 359. Sarracenia purpurea; die Blüte nach Entfernung der beiden vorderen Blumenblätter, $^{1}/_{1}$.

Fig. 360. Dieselbe; der Stempel mit schirmförmiger Narbe allein, $^{1}/_{1}$.

und Borsten und Leisten, welche zur Befestigung an den bestäubenden Insekten dienen. Daneben finden sich dünnhäutigere Stellen, sogenannte Nabel, an denen später die

Innenwand als Pollenschlauch hervortritt; der Nabel ist manchmal kegelförmig oder zitzenförmig, deckelartig oder vertieft. Lage und Zahl der Nabelstellen ist verschieden. — Manche Pollenkörner, z. B. von Pinus silvestris, besitzen flügelartige Anhänge, so dass sie leichter durch die Luft getragen werden. Alle diese Verhältnisse erläutert Fig. 344. — Nicht immer sind die einzelnen Körner frei, es kommt vor, dass sie in kleinerer oder grösserer Zahl zusammenkleben (zu sogenannten Pollenmassen), besonders bei



Fig. 361. Fig. 362. Fig. 363.

Fig. 361. Lechenaultia formosa; Griffel und Narbe mit Sammelbecher *(s)* und Bürste *(f)*, stark vergr., unter Benutzung eines Originals von Schnitzlein.

Fig. 362. Apocynum androsaemifolium; Zweig des Blütenstands, eine Blüte desselben mit gefangener Fliege, $^1/_1$.

Fig. 363. Dasselbe; eine Blüte mit gefangener Fliege, zwei Zipfel von Kelch und Krone sind abgeschnitten, $^3/_1$.

Orchideen (Fig. 344 *g)* und Asklepiadeen; bei Epilobium angustifolium hängen die Körner durch Schleimfäden aneinander (Fig. 344 *h)*.

Zuweilen wird der Pollen erst in irgend welchen Behältern angehäuft und gesammelt, ehe er benutzt wird, das sind dann gewöhnlich die Blumenblätter, dazu dienen dieselben schon, wenn sie etwas gewölbt sind und dadurch unter den Staubgefässen stehende Löffel bilden (Fig. 358 und 367), bei den Papilionaceen ist ein Blumenblatt durch

seine Kahnform dazu besonders geeignet (Fig. 329). Bei Sarracenia ist es die regenschirmförmige Narbe der niedergebeugten Blüte (Fig. 359 und 360), bei den Goodeniaceen ein besonderer Sammelbecher des Griffels (Fig. 361). Oft bildet der letztere auch bürstenförmige Organe, welche den Pollen aus den Staubblättern herausbürsten und ansammeln (Fig. 410).

Ein merkwürdiges Beispiel der Reizbarkeit der Staubblätter bietet Apocynum androsaemifolium (Fig. 362 und 363), welches naschende Fliegen, die ihren Rüssel zwischen die Staubblätter steckten, einklemmt und festhält.

Die beschriebenen Verhältnisse herrschen bei den Angiospermen, bei den Gymnospermen ist es dagegen etwas anders. Im allgemeinen sind die Staubblätter der Coniferen blattartige, schuppenförmige, zumteil schildförmige Organe, welche auf der Unterseite die Pollensäcke tragen, die hier einfächerig sind. Diese Staubblätter sind zu Kätzchen oder Köpfchen vereinigt, an deren Grunde einige Hüllblätter sitzen. Fig. 364 S. 172 stellt bei *a* eine Staubblattvereinigung von Taxus, bei *b* ein einzelnes Staubblatt dar, hier liegen die Pollensäcke zu 6—8 auf der Unterseite eines gestielten Schildchens. — Ähnlich ist es bei den Cycadeen, hier stehen die Staubblätter zu Zapfen vereinigt, es sind Schuppen, welche auf der Unterseite eine grössere Zahl von Pollensäcken tragen, die ihrerseits zu kleinen Gruppen vereinigt sind, wie dies Fig. 365 S. 172 für Cycas circinalis zeigt.

Es leiten diese Verhältnisse der Gymnospermen über zu denen der Gefässkryptogamen; denn es ist schon oben gesagt, dass die Pollensäcke der Angiospermen den

Sporangien der Gefässsporenpflanzen entsprechen. Diese Sporangien stehen auf der Unterseite der Blätter und zwar giebt es hier Fälle, dass diese Sporangienblätter

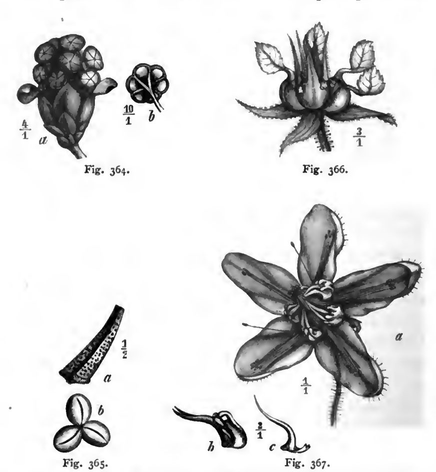


Fig. 364. Fig. 366.

Fig. 365. Fig. 367.

Fig. 364. Taxus baccata; *a)* ein männlicher Blütenstand; *b)* ein einzelnes Staubblatt von unten.

Fig. 365. Cycas circinalis; *a)* Staubblatt von unten, $^1/_2$; *b)* Gruppe von Pollensäcken, stark vergr.

Fig. 366. Theobroma Cacao; umgewandelte Staubblätter bilden einen Schutz der Blüte (des Pollens), $^3/_1$ (nach Berg).

Fig. 367. Cajophora lateritia; *a)* Blüte mit zu Honigschuppen umgewandelten Staubgefässen, die Staubgefässe machen eine Bewegung, $^1/_1$; *b)* einzelne Staminodialgruppe, $^2/_1$; *c)* einzelnes Staminodium, $^2/_1$.

einfache Laubblätter sind, bis zu solchen Fällen, dass sie eine besondere Gestalt erhalten haben.

Wie aber alle Teile der Pflanze, so vermag auch das Staubblatt seine Funktion zu ändern, so kann es in seltenen Fällen am Schauapparat teilnehmen, wozu es schon beiträgt, wenn es, wie es öfters vorkommt, eine lebhaftere Farbe besitzt. Die Staubblätter können ferner zur Blütenhülle werden (Fig. 366), häufiger sind sie Nebenorgane der Blumenkrone, Staminodien (Cajophora, Fig. 367), die oft Honig absondern.

6. Das Gynaeceum.

Die Gesamtheit der weiblichen Fortpflanzungsorgane heisst Gynaeceum, das einzelne Organ Fruchtblatt, Carpell, Pistill oder Stempel, es hat ebenfalls, wie Rückschlagserscheinungen lehren, Blattnatur (Fig. 297) und die Aufgabe, in sich den weiblichen Keim, die Eizelle, und nach der Befruchtung den Samen zu erzeugen. Das Pistill hat Flaschenform, der Bauchteil (Fruchtknoten oder Ovarium) beherbergt die Eizelle, der Hals (Griffel oder Stylus) leitet den Pollenschlauch zur Eizelle, der Stopfen (Narbe oder Stigma) nimmt den Pollen auf (Fig. 368 S. 174).

Dass der Stempel ein Blattgebilde ist, lässt sich oft noch recht deutlich bei den einfächerigen (monomeren) Stempeln z. B. der Papilionaceen erkennen (Fig. 453 und 454), hier hat sich das Blatt seiner Länge nach zusammengefaltet und seine verwachsenden Ränder bilden nun die sogenannte Bauchnaht. — Wenn die Pflanze mehrere einfächerige also aus je einem Fruchtblatt entstandene Stempel besitzt, so spricht man von einem apokarpen

Gynaeceum (z. B. bei den Ranunculaceen). Das synkarpe Gynaeceum endlich hat miteinander verwachsende Fruchtblätter. Der Grad dieser Verwachsung kann ein sehr verschiedener sein: die Fruchtknoten allein, so dass die Griffel frei sind, dann erkennt man an der Zahl der letzteren die Zahl der Fruchtblätter, oder die Griffel auch noch mit verwachsen, dann müssen die Narbenlappen die Zahl der

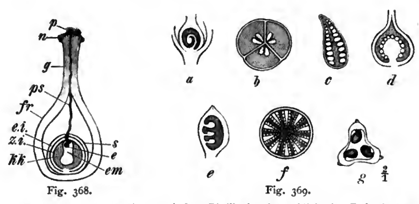


Fig. 368. Fig. 369.

Fig. 368. Schema eines typischen Pistills im Augenblick der Befruchtung; *p* = Pollenkorn, *n* = Narbe, *g* = Griffel, *ps* = Pollenschlauch, *fr* = Fruchtknoten, *s* = Samenknospe, *e.i.* = erstes Integument, *z.i.* = zweit. Integument, *kk* = Knospenkern, *em* = Embryosack, *e* = Eizelle, vergr.

Fig. 369. Placentation; *a)* Hippophaë rhamnoides basilis, *b)* Crocus sativus, zentralwinkelständig, *c)* Butomus umbellatus, blattbürtig, *d)* Primula, zentrale Placenta, *e)* Arum maculatum, Placenta an der Bauchnaht, *f)* Papaver, gekammertes Pistill, *g)* Reseda odorata.

Fruchtblätter entscheiden, oder die Narben sind auch noch mit verwachsen, an dem dann einheitlich erscheinenden Stempel lässt sich in diesem Fall die Zahl der Fruchtblätter oft nur noch schwer nachweisen.

In dem Fruchtknoten befinden sich als wesentlichste Teile die Samenknospen, aus welchen später die Samen werden. Sie sind ein Erzeugnis der Fruchtblätter selbst und man bezeichnet die Stelle, an welcher sie sitzen, als

Placenta. Bei einem Stempel, der aus einem Fruchtblatt entstanden ist, ist die Verwachsungsstelle die Placenta (Fig. 369 *e*). Dem entspricht es, wenn bei verwachsenen (synkarpen) Fruchtblättern die Samenknospen zentral winkelständig stehen (Fig. 369 *b*), so ist es, wenn geschlossene Fruchtblätter mit ihren Aussenflächen verwachsen; verwachsen sie dagegen mit ihren Rändern, so bilden eben diese in dem scheinbar einfächerigen Fruchtknoten die Placenten, an denen die Samenknospen sitzen, und zwar entspricht dann die Zahl der Placenten der Zahl der Fruchtblätter; da die Samenknospen dann an der Wand sitzen, nennt man eine derartige Placentenbildung parietal (Fig. 369 *g*). Zwischen diesen beiden Formen steht der scheinbar gekammerte Fruchtknoten (Fig. 369 *f*), bei dem Fruchtblätter auf eine grössere Strecke hin verwachsen, ohne sich ganz zu schliessen.

Von den ebengenannten Fällen ist derjenige sehr verschieden, dass die Placenta zentral in einem einfächerigen Fruchtknoten liegt, in dem sich keine Scheidewände gebildet haben; sitzt die Samenknospe auf dem Boden des Fruchtknotens, so nennt man die Placenta basilär (Fig. 369 *a*), wenn aber die Samenknospen auf einer in die Höhlung des Fruchtknotens frei hineinragenden Säule sitzen, so spricht man von einer freien zentralen Placenta (Fig. 369 *d*).

Endlich kann aber auch der Fall eintreten, wenn auch seltner, dass die Samenknospen auf der Blattfläche selbst entstehen, dann sagt man, wie bei Butomus (Fig. 369 *c*), sie seien blattbürtig.

Von falschen Scheidewänden spricht man, wenn dieselben nicht mit den Wänden verschiedener Fruchtblätter

zusammenfallen, sie können längs und (selten) quer verlaufen, z. B. bei Tetragonolobus siliquosus (Fig. 456).

Dass der Fruchtknoten die verschiedensten Formen annehmen kann, lässt sich denken, meist ist die Form der späteren Frucht in ihm schon angedeutet, gewöhnlich ist er als eine Verdickung unten an dem Stempel leicht zu erkennen, manchmal freilich ist er nicht breiter als der Griffel. — Dieser kann fehlen, er stellt ja nur ein Leitungsgewebe dar, die Narbe, welche den Angiospermen

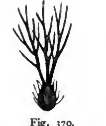


Fig. 370.



Fig. 371.



Fig. 372.

Fig. 370. Acalypha virginica; verzweigter Griffel n. Bischoff.

Fig. 371. Papaver somniferum; griffelloser Stempel mit plattenförmiger Narbe, *fr* = Fruchtknoten, *n* = Narbe, *st* = Staubgefäss, *bl* = Blumenblatt, *i* = Internodium zwischen Stempel und Staubblättern, $^1/_1$.

Fig. 372. Celtis occidentalis; Pistill mit gelappter Narbe, $^2/_1$.

nie fehlen kann, heisst dann sitzend (Fig. 371, 372). Gewöhnlich sitzt er auf der Spitze des Fruchtknotens, bei Fragaria z. B. ist er aber seitenständig und bei den Labiaten kann man ihn fast grundständig nennen als den vier Abteilungen des Fruchtknotens gemeinsam. Seine Richtung ist je nach den Bestäubungsverhältnissen eine sehr verschiedene: aufwärts, gesenkt, gebogen, gekniet, hakenförmig, gedreht; nach seiner Form ist er: fadenförmig, keulenförmig, dick, blattartig; er kann sich spalten, ja, geradezu verzweigen (Fig. 370). Er ist oft dicht, oft

ist aber dem Pollenschlauch das Hindurchwachsen durch Lockerheit des Gewebes oder gar durch Auflösung desselben, sodass der Griffel hohl erscheint, erleichtert. Gewöhnlich fällt der Griffel frühzeitig ab, in anderen Fällen wächst er weiter und trägt dann wohl meist zur Verbreitung der Frucht bei, so wenn er wie bei Clematis zu einer langen gefiederten Borste wird (Fig. 487).

Die Narbe soll den Pollen aufnehmen, festhalten und zur Keimung (Austreiben des Pollenschlauchs) veranlassen, demgemäss ist sie höckerig und klebrig, mit einem Narben-



Fig. 373.



Fig. 374.

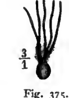


Fig. 375.

Fig. 373. Monotropa hipopytis; trichterförmige Narbe mit Randbürste, über der sie glatt und klebrig ist, von oben.
Fig. 374. Dieselbe von der Seite.
Fig, 375. Statice armeria; fadenförmige Narben, $^3/_1$.

schleim bedeckt, der das Pollenkorn ebenfalls zum Austreiben des Schlauches anregt. Auch ihre Form kann gar mannigfach sein; zuweilen ist sie breit scheibenförmig (Fig. 371), in Fig. 372 bildet sie zwei dicke breite haarige Lappen, auch wohl trichterförmig (Fig. 373 und 374) kann sie sein; anderseits ist sie wieder fein, faden- ja haarförmig oder pfriemlich (bei den Labiaten), keulenförmig (Drosera), kugelig hohl (Viola tricolor), schildförmig (Sarracenia s. unten), strahlig u. s. w. Bei windblütigen Pflanzen (s. unten) ist sie oft federig (Fig. 394). Sehr oft ist sie

auch sonst in verschiedener Weise behaart. Ihre Zahl ist sehr verschieden, oft lässt sich an ihr noch die Zahl der im übrigen verwachsenen Fruchtblätter erkennen; ihre Grösse kann ebenfalls sehr verschieden sein.

Neben ihrer eigentlichen Funktion können Griffel und Narbe noch andere Arbeiten verrichten, wenngleich auch derartige Fälle seltener sind. Bei Iris werden sie z. B. blattartig, sie sind dabei bunt gefärbt und bilden einen Teil des Schauapparats (Fig. 376), bei Sarracenia bildet die Narbe einen Schirm, der offenbar einen Sammelbehälter für den Pollen bildet (Fig. 359 und 360), den sie auch gleichzeitig noch schützt, bei Goodenia stellt die Narbe einen Sammelbecher dar (Fig. 361), was mit der eigenartigen Bestäubungseinrichtung dieser Pflanze zusammenhängt, oft besitzen die Narben auch Bürsten und dergl., womit sie den Pollen auffegen (Fig. 410).

Es ist schon gesagt, dass der Fruchtknoten bei den Angiospermen nur die Hülle für einen wichtigeren Inhalt bildet, nämlich die Samenknospe. Dieselbe kann in der Einzahl oder in grösserer Zahl in dem Fruchtknoten vorhanden sein; die Anheftungsstelle heisst, wie oben gesagt, Placenta. Der Stiel, der mehr oder weniger lang sein kann, heisst Nabelstrang (Funiculus), die Ansatzstelle der Samenknospe Nabel (Hilum). Nach aussen besitzt sie ein oder zwei Hüllen oder Integumente, was von denselben umschlossen ist, heisst Knospenkern (Nucellus), die Spitze desselben ist die Kernwarze und die Stelle, welche die Integumente hier freilassen, die Mikropyle, der Kernwarze gegenüber liegt der Knospengrund oder die Chalaza. Dies alles ist aus Fig. 368 zu erkennen.

Die Samenknospen sitzen an der Placenta entweder senkrecht oder wagerecht, auch können sie herabhängen oder schief gerichtet sein. Nach der Form der Samenknospen unterscheidet man geradläufige (orthotrope oder atrope), gegenläufige (anatrope) und krummläufige (kampylotrope) (Fig. 377); im ersten Fall ist die Samenknospe

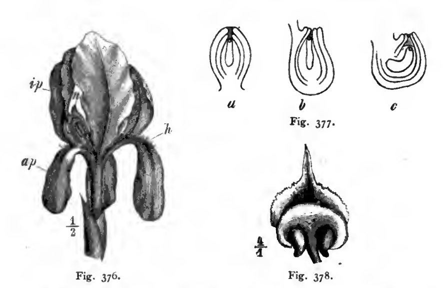


Fig. 376. Fig. 377. Fig. 378.

Fig. 376. Iris florentina; Blüte, *ap* = äussere zurückgeschlagene Perigonzipfel mit Haarstrasse *h*, *ip* = innere aufgerichtete Perigonzipfel, *n* = Narbe, ein Schutzdach für die Staubgefässe bildend, $^1/_1$.

Fig. 377. Typen der Samenknospe; *a)* Polygonum atrop, *b)* Cucurbita anatrop, *c)* Spergula kampylotrop.

Fig. 378. Abies pectinata, nackte Samenknospe, $^4/_1$.

gerade, Mikropyle und Chalaza sowie Nabel liegen in einer Linie; bei der anatropen Samenknospe liegen zwar Knospengrund und Mikropyle einander gegenüber, aber der Nabel liegt mit ihnen nicht in gerader Linie, da der Funikulus der Samenknospe angewachsen ist, der Nabel also neben der Mikropyle liegt; bei der kampylotropen

Samenknospe ist es ähnlich, aber die Samenknospe selbst ist dabei noch gekrümmt.

Bei den Gymnospermen zeigt das Gynaeceum wieder einige Abweichungen, die darin gipfeln, dass die Fruchtblätter nicht zusammenwachsen, sondern offen bleiben, es sind flache oder schildförmige Blätter, an denen die Samenknospen „nackt“ sitzen, der Fruchtknoten fehlt also, daher kommt auch die Bezeichnung nacktsamige Pflanzen oder Gymnospermen. Abies (Fig. 378) hat einen zapfenförmigen Fruchtstand (eigentlich nicht „Fruchtstand“ sondern „Frucht“) mit Schuppen, je zwei stehen zusammen, die eine scheint im Winkel der anderen zu stehen, die innere oder Fruchtschuppe trägt die Samenknospen, die andere ist die Deckschuppe, bei anderen Gymnospermen ist statt dessen nur eine Schuppe vorhanden. Der Streit um diese Schuppen ist wohl noch nicht ganz beigelegt; manche (Mohl, Braun) glauben, dass es zwei verschiedene Schuppen seien, die verwachsen können; andere (Sachs, Eichler) halten die Fruchtschuppe für einen Auswuchs der Deckschuppe.

Bei Cycas (Fig. 379) ist das Fruchtblatt ein nach oben hin gefiedertes Blatt, das seitlich die nackten Samenknospen trägt; bei Taxus (Fig. 380) endlich sind gar keine Fruchtblätter mehr vorhanden, die weibliche Blüte ist hier eine atrope Samenknospe, welche von mehreren Zweigschuppen als schützender Hülle umgeben ist.

Aber auch des Weiteren zeigt sich bei den Gymnospermen noch eine wesentliche Abweichung von den Verhältnissen der Angiospermen; der Embryosack füllt sich nämlich mit einem Gewebe an, das man mit dem

Prothallium der Kryptogamen vergleicht und auch ebenso benennt, in diesem Gewebe entstehen nun kleine Gebilde, die man als Korpuskula oder Archegonien bezeichnet, sie liegen auf dem Scheitel des Prothalliums und ihre Zahl ist unbestimmt; sie bestehen aus einer grossen Zelle, der Eizelle, einer kleinen Bauchkanalzelle (die man erst kurz vor der Befruchtung bemerkt) und einer einzelnen Halszelle, an deren Stelle aber auch 4, 6 oder 8 Zellen treten können.

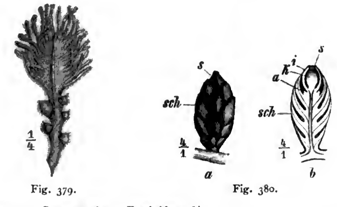


Fig. 379. Fig. 380.

Fig. 379. Cycas revoluta; Fruchtblatt, 1/4.
Fig. 380. Taxus baccata, *a)* weibliche Blüte, *b)* im Durchschnitt, *s* = Samenknospe, *sch* = Schuppen, *i* = Integument, *k* = Knospenkern, *a* = Arillus.

Erwähnt sei endlich noch, dass der Ausdruck „Samenknospe" die Vermutung aufkommen lässt, diese Organe seien morphologisch als Knospen aufzufassen, das ist aber durchaus noch nicht gesagt, wir werden darüber im nächsten Kapitel zu sprechen haben.

Anmerkung. Nach Grisebachs Vorgang kann man den Blütenbau in eine kurze Formel bringen, welche ähnlich wie das Diagramm ganz knapp und übersichtlich die Verhältnisse der Blüte darstellt. Es wird hierbei der Kelch

mit K, die Blumenkrone mit C, das Androeceum mit A und das Gynaeceum mit G bezeichnet, ein Stern bezeichnet die Regelmässigkeit, ein Pfeil die Symmetrie der Blüte, die Anzahl der Glieder eines Kreises wird durch einen Index, mehrfache Kreise durch ein + und etwaige Verwachsung durch eine Klammer angedeutet; ob der Fruchtknoten unter- oder oberständig ist, erkennt man an einem über resp. unter das G gesetzten wagerechten Strich.

Wenn man z. B. für Convolvulus die Blütenformel liest:

$$* \,.\, K\,5,\ [C\,(5),\ A\,5],\ G\,\underline{(2-5)}.$$

so folgt daraus folgendes: Convolvulus (die Winde) hat eine regelmässige Blüte, der Kelch ist fünfblättrig, ebenso sind auch Blumenblätter und Staubblätter in der Fünfzahl vorhanden, die Blumenblätter sind unter sich verwachsen und die Staubblätter sind der Blumenkrone angewachsen, Fruchtblätter sind 2—5 verwachsene und oberständige vorhanden.

7. Zur Entwicklungsgeschichte der Blüte.

Die Blüte ist, wie aus dem Gesagten hervorgeht, eine Vereinigung verschiedenartiger Blattorgane und danach kann man sich schon denken, dass sie sich in ähnlicher Weise aus einem Vegetationspunkt ausgestalten wird wie eine Blattknospe. Die Blattorgane des Blütensprosses gehen also als Höcker aus dem mehr oder weniger flachen Vegetationshügel hervor, der als das Ende des Blütenstiels aufzufassen ist, derselbe wird dabei vollständig verbraucht. Von der Ausgestaltung eines vegetativen Sprosses unterscheidet sich die des Blütensprosses noch dadurch, dass sich keine Internodien zwischen den verschiedenen Blatt-

kreisen bilden, Ausnahmen kommen aber, wie aus dem oben Gesagten hervorgeht, vor. Die Reihenfolge, in welcher die Anlage der Blattorgane erfolgt, ist eine gipfelstrebige, so dass also die Kelchblätter zuerst, die Fruchtblätter zuletzt angelegt werden.

Dies kehrt wohl stets wieder, scheinbare Ausnahmen sind dadurch zu erklären, dass bei der Weiterentwicklung ein oder der andere Kreis voreilt, so dass die Staubblätter z. B. die Blumenblätter überholen. Den radiären Bau einer Blüte erkennt man stets schon in der Anlage. Nicht immer ist das bei symmetrischen Blüten der Fall; denn gar nicht selten wird aus einer radiären Anlage im Lauf der weiteren Ausbildung eine symmetrisch gebaute Blüte (vielleicht ist dies eine Wirkung der Schwerkraft), so entstehen z. B. die symmetrischen Lippenblütler aus einer regelmässig fünfstrahligen Anlage. Dies geht übrigens auch deutlich hervor aus der als Pelorie bekannten Blütenmissbildung, bei der eine unter normalen Verhältnissen symmetrische Blüte radiär erscheint, hierbei hat sich die Blüte einfach gemäss ihrer ersten Anlage weiter entwickelt und hat nicht den ihr erblich zukommenden Weg der Umbildung zur symmetrischen Form eingeschlagen.

Übrigens finden sich auch Beispiele für symmetrische Blüten, die es schon von ihrer ersten Anlage an sind, z. B. bei den Papilionaceen.

Nicht selten ist es, dass der Vegetationshügel sich becherförmig ausgestaltet, indem sich die Insertionszone, wenn die Kelchblätter angelegt sind, in einem ringartigen Wall erhebt.

Für die Einzelverhältnisse gilt das Folgende:

Fünfzählige oder spiralig geordnete Kelche entstehen wie vegetative Blattanlagen in spiraliger Reihenfolge; dagegen bilden sich die Blätter eines viergliedrigen Kelches paarweise zu je zwei. Ist der Kelch verwachsenblättrig, so lässt sich dies auf eine immer wiederkehrende entwicklungsgeschichtliche Thatsache zurückführen, dass nämlich die erste Anlage des Kelches durch Emporwachsen des Insertionsringes gehoben wird, so dass die Kelchblätter als Zipfel eines Bechers erscheinen.

Ein verkümmerter Kelch erscheint erst nach Blumenblättern und Staubblättern.

In Bezug auf die Blumenkrone ist die meist gleichzeitige Ausgliederung ihrer Blätter hervorzuheben. Die verwachsenblättrige Blumenkrone kann ebenso entstehen, wie es eben von dem verwachsenblättrigen Kelch berichtet wurde, es kommt aber auch vor, dass sich zuerst ein ringförmiger Wall erhebt, auf dem sich dann erst die Blattanlagen bilden (dieses Verhalten zeigen die Cucurbitaceen).

Auch in den Fällen, wo die Staubgefässe der Blumenkronenröhre angewachsen sind, lässt sich dies dadurch erklären, dass die Insertionszone ringförmig ausgewachsen ist.

Wenn das Blumenblatt irgendwelche Unregelmässigkeiten u. dergl. zeigt, so beruht dies natürlich auf einem unregelmässigen Wachstum; so auch wenn Spornbildungen vorhanden sind.

Staubblätter entstehen in spiraliger Reihenfolge oder wirtelig, wenn sie in fertiger Ausbildung derartig stehen oder wenn ihre zweizähligen Kreise sich den anderen Kreisen der Blütenregion regelmässig alternierend an-



schliessen. Wenn aber der erste Staubblattkreis vor den Blumenblättern steht und der zweite mit ihnen alternierend, so entsteht der letztere zuerst und der andere wird eingeschoben.

Ist die Zahl der Staubblätter eine grössere, als die der Blumenblätter, so soll nach Moquin Tandons Ansicht eine Spaltung, daher Verdoppelung der Staubblätter stattgefunden haben. Wenn sich ein derartiger Vorgang auch beispielsweise bei den Cruciferen beobachten lässt, indem bei denselben die vier langen Staubgefässe durch Spaltung von zwei Anlagen entstehen, so lässt es sich doch keineswegs als eine allgemeine Regel hinstellen.

Sind die Staubfäden mehr oder weniger verwachsen, so tritt wieder jene allgemeine Regel ein: die freien Anlagen der Staubblätter werden mit einer gemeinsamen Insertionszone emporgehoben.

Die Staubbeutel entstehen als Anschwellungen an der Spitze der Höcker, welche die Staubblattanlagen darstellen, und an ihnen wieder die Pollensäcke (welche den Sporangien der Kryptogamen entsprechen) als vier Wülste. In denselben zeigt sich bald eine Gruppe von Zellen, das sogenannte Archespor, aus dem die Pollenzellen ihren Ursprung nehmen. Die Pollensäcke entwickeln sich ähnlich den Sporangien der Farne, gehen jedoch nicht aus oberflächlich, sondern unter der Epidermis gelegenen Zellen hervor.

Die Fruchtblattbildung findet oft unter Teilnahme des Blütenvegetationspunktes statt. Eine ganz allgemein passende Darstellung von der Entwicklung der Fruchtblätter lässt sich nicht geben. Sind sie oberständig und apokarp, wie z. B.

bei den Papilionaceen, so entstehen sie als ein etwa hufeisenförmiger Wall, der aber weiterwachsend den Scheitel der Achse umgiebt und schliesslich ein sackartiges Gebilde ist, das an einer Seite aufgeschlitzt ist, hier, an den Rändern des Blattes, entstehen die Samenknospen. Bei den Rosaceen dagegen zeigt sich zunächst ein kleiner Höcker von Halbkugelform, später wird er aber flach, höhlt sich aus und verlängert sich, wobei sich die Ränder der Aushöhlung mehr und mehr nähern. Ähnlich werden auch die Fruchtblätter der Ranunculaceen aus einem Höcker zu einem kapuzenförmigen Gebilde, dessen Ränder sich nähern, an dieser schliesslich verwachsenden Stelle entstehen die Samenknospen.

Synkarpe Gynaeceen können dadurch entstehen, dass sich freie hufeisenförmige Wülste nach ihrer Anlage wiederum auf gemeinsamer Ringzone erheben, dadurch entsteht ein Becher, welcher das Ende der Blütenachse umgiebt. Dieser Becher zeigt nach oben noch die freien Enden der Karpelle, an ihren Verwachsungsstellen entstehen die Samenknospen. So ist es z. B. bei Garidella und in ähnlichen Fällen.

Bei manchen Familien (z. B. bei Solaneen und Asperifolieen) ist es zwar ähnlich, indem hufeisenförmige oder ringförmige Wälle das Ende der Achse umgeben und indem auch hier die Insertionszone sich hebt; allein hier trägt die Achse selbst mit zur Bildung der Placenta bei, indem sie dem Wachstum der Ringzone folgt. Bei den Caryophyllaceen zeigen sich die Fruchtblätter zuerst als kleine Höcker, vor ihnen bildet dann der Vegetationshügel eine Vertiefung; aus derselben entwickelt sich das betreffende Fach

des Fruchtknotens. Die Blütenachse wächst in der Mitte zuerst stärker, wird dann aber von der Wand eingeholt; die Scheidewände stehen mit der Blütenachse im Zusammenhang. Eine wirklich freie Placenta ist dadurch nicht entstanden, wohl aber haben die Primulaceen eine solche, entstanden aus der Blütenachse, die in der Fruchtknotenhöhle emporgewachsen ist. Bei den Polygonaceen und verwandten Familien entwickelt sich die Samenknospe aus dem Ende der Achse.

Eine viel grössere Bedeutung hat die Blütenachse beim unterständigen Fruchtknoten; denn die Höhle desselben entsteht eben aus der Achse, welche Becherform annimmt, bei den Umbelliferen finden sich dann die Anlagen der Fruchtblätter am Rande dieses Bechers. Die Placentarbildungen sind mannigfach, aber denen der oberständigen Fruchtknoten entsprechend.

Griffel und Narbe werden aus dem freien Ende der Fruchtblätter gebildet, welches keine Anlagen von Samenknospen besitzt und welches sich mehr oder weniger verlängert. Auch kommt es vor, dass der über den Placenten liegende Teil der Fruchtknotenanlage zur Narbenbildung beiträgt.

Die Samenknospen der Angiospermen bilden sich auf den Fruchtblättern oder den von denselben gebildeten Placenten, oder auf der Blütenachse. Ihre Anlagen stellen kleine Höcker dar, welche aus unter der Epidermis gelegenen Zellen ihren Ursprung nehmen und welche sich, falls aus ihnen eine anatrope oder kampylotrope Samenknospe werden soll, frühzeitig (d. h. ehe sich die Integumente bilden) krümmen, indem das Wachstum der einen Seite

das der andern überflügelt. Dieser Höcker ist der junge Knospenkern, während die Integumente (das innere meistens zuerst) erst später als Ringwälle an seinem Grunde hervorwachsen. Eine Zelle des Knospenkerns wird zum Archespor, indem sie stärker wächst, sie nimmt zuletzt fast den ganzen Knospenkern ein, aus ihr entstehen mehrere (gewöhnlich vier) Zellen, von denen eine, in den meisten Fällen die unterste, die Zelle ist, aus der sich der Embryosack bildet. Die Abweichungen von dem eben geschilderten Entwicklungsgang sind gewöhnlich nur nebensächlich.

Der Zellkern des jungen Embryosacks teilt sich in zwei, die in seine beiden Enden gehen und sich dort noch zweimal, also zu je vier Kernen, teilen, von denen zwei in die Mitte wandern, um hier den Kern des Embryosacks zu bilden, die drei Kerne, die nun an der Mikropyle liegen, bilden den Eiapparat, nämlich die Eizelle und ihre „Gehilfinnen" (Synergiden), die anderen die sogenannten Antipoden.

Bezüglich der Entwicklung des Embryosacks bei den Gymnospermen ist noch einiges hinzuzufügen. Das Archespor entwickelt sich hier z. T. sehr früh (Cycadeen). Das oben besprochene Prothalliumgewebe des Embryosacks entsteht durch freie Zellbildung und auf seinem Scheitel werden die „Archegonien" angelegt und zwar aus langgestreckten Aussenzellen des Prothalliums, die in eine obere kleine Halszelle und eine untere grosse Zentralzelle zerfallen, die letztere bildet nach Abgliederung der Bauchkanalzelle (s. unten) die Eizelle. Die Halszelle teilt sich in manchen Fällen noch einige Male.

8. Zur Biologie der Blüte.

Der Zweck der Blüte ist mittelbar oder unmittelbar die Fortpflanzung der Pflanze, die Bildung eines neuen Individuums, darauf zielt jede Einrichtung der Blütenorgane ab.

a. Das Wesen der Fortpflanzung.

Die geschlechtliche Fortpflanzung besteht in der Verschmelzung zweier verschiedener Protoplasmamassen, die man wohl mit dem Namen Gameten bezeichnet und die man als männliche und weibliche unterscheiden kann.

Dieser Verschmelzung, welche den Namen Befruchtung führt, folgen unerklärte innere Vorgänge, deren Erfolg ist, dass die weibliche Gamete zu einem gewissen Wachstum angeregt wird, welches mit der Ausbildung einer neuen Pflanze aus der weiblichen Gamete abschliesst. Bei den höchsten Pflanzen, den Samenpflanzen, ist dieses Produkt der Befruchtung ein Same, d. h. ein Gebilde, welches eine junge Pflanze in sich enthält, eine Zeit lang ruht und dann auswächst.

Der Befruchtungsvorgang lässt verschiedene Formen erkennen, welche der Stufenleiter der Pflanzen entsprechend eine Stufenleiter der Vervollkommnung zeigen.

1. Die zu unterst stehenden Thallophyten haben keine geschlechtliche Fortpflanzung, sondern vermehren sich durch Teilung (Fig. 34—36).

2. Bei manchen Pilzen und Algen verschmelzen zwei gleichgestaltete und nicht freie Protoplasmamassen zu einer sogenannten Zygospore, so bei Mucorineen (Fig. 381 S. 190), geht dabei die eine zu der anderen über, wie bei Spirogyra (Fig. 382 S. 190), und zeigen die betreffenden Zellen schon eine gewisse Verschiedenheit, so ist das bereits eine Andeutung geschlechtlicher Gameten.

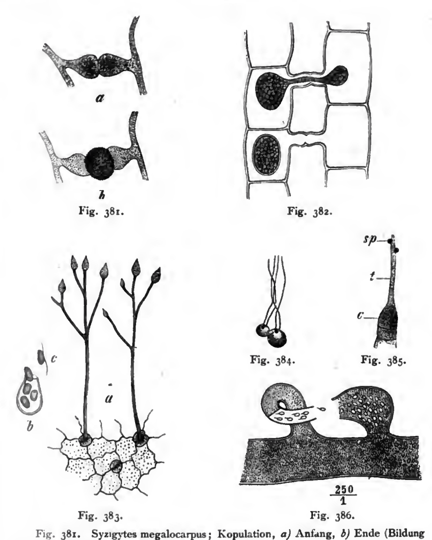


Fig. 381. **Syzigytes megalocarpus; Kopulation,** *a)* **Anfang,** *b)* **Ende (Bildung einer Dauerspore).**

Fig. 382. **Spirogyra longata; Konjugation, mit Benutzung von Sachs.**

Fig. 383. **Phytophthora infestans;** *a)* **Gonidienträger aus der Oberhaut des Kartoffelblattes hervortretend,** *b)* **Gonidie,** *c)* **Schwärmspore, $^{300}/_{1}$ (teilweise nach De Bary).**

Fig. 384. **Volvox; Kopulation zweier verschieden grosser Gameten.**

Fig. 385. **Nemalion; Befruchtungsvorgang, mit passiv beweglicher Spermatie,** *c* = **Karpogon,** *t* = **Trichogyn,** *sp* = **Spermatie, st. vergr. (nach Thuret u. Bornet).**

Fig. 386. **Vaucheria sessilis; Befruchtung vermittelst eines aktiv beweglichen Zoosperms, $^{250}/_{1}$, mit Benutzung von Pringsheim.**

3. Bei anderen Algen sind beide Gameten frei (Fig. 383 und 384).

4, Die weibliche Gamete ist fest, die männliche ist eine passiv bewegliche Spermatie, so bei Florideen (Fig. 385).

5. Die weibliche Gamete ist eine ruhende Eizelle, die männliche Gamete ist ein aktiv bewegliches Zoosperm, so schon bei der Alge Vaucheria (Fig. 386), vor allem aber bei Moosen und Gefässkryptogamen (Fig. 387 u. 388 S. 192).

6. Ebenso, aber die männliche Gamete ist ein passiv bewegliches Pollenkorn, bei Gymnospermen und Angiospermen (Fig. 368).

b. Die Verteilung der Geschlechter.

Dieselbe kann (wir ziehen hier nur die Phanerogamen in Betracht) eine mannigfaltige sein. Sind die männlichen und weiblichen Organe in einer Pflanze vereinigt, so nennt man die Blüte zwitterig (Fig. 313, 311), hat ein Individuum getrennt männliche und weibliche Blüten, so nennt man es monöcisch, einhäusig (Fig. 389 S. 192), sind beide auf verschiedene Pflanzen verteilt, so sind sie diöcisch, zweihäusig; bei einer Dreiteilung in männliche, weibliche und zwitterige Blüten spricht man wie bei Fraxinus von Triöcie (Fig. 390 S. 192). Alles dies kann nun aber noch mehrfach kombiniert sein, sodass eine grosse Mannigfaltigkeit herrscht, von der wir nur Einzelnes anführen können: kommen auf einer Pflanze männliche und zwitterige Blüten vor, so nennt man dies wie bei Astrantia Andromonöcie (Fig. 391 S. 192), kommen zwitterige und weibliche Blüten vor, Gynomonöcie, z. B. bei Parietaria, kommen

Fig. 387.

Fig. 388.

Fig. 389.



Fig. 390. Fig. 391.

Fig. 387. Archegonium eines Farnkrauts, $^{300}/_{1}$.

Fig. 388. *a)* Antheridium eines Farnkrauts, *b)* Zoosperm desselben.

Fig. 389. Quercus robur; monöcische Pflanze, *w* = ♀ und *m* = ♂ Blütenstand, $^{1}/_{2}$.

Fig. 390. Fraxinus excelsior; Triöcie, *m* = männliche Blüte, *b* = weibliche Blüte, *z* = Zwitterblüte, $^{1}/_{1}$.

Fig. 391. Astrantia major; Andromonöcie, *a)* sterile und *b)* fertile Blüte aus derselben Dolde, $^{4}/_{1}$.

zwitterige und geschlechtslose vor, so spricht man von Agamonöcie, z. B. Viburnum plicatum (Fig. 392 S. 194).

Bei der Verteilung der Geschlechter auf verschiedene Blüten kann es vorkommen, dass die letzteren eine verschiedene Gestalt haben (entsprechend ihrem verschiedenartigen Zweck), dies nennt man dann Pleiomorphismus.

c. Die Bestäubung.

Die männliche Gamete der Samenpflanzen, das Pollenkorn, muss also seinen Inhalt mit dem der Eizelle verschmelzen, die ihrerseits in dem meist geschlossenen Fruchtknoten ruht. Um diesen Zweck zu erreichen, ist es zunächst nötig, dass das Pollenkorn zur Eingangspforte des Fruchtknotens, d. h. also auf die Narbe, gelangt. Diesen Vorgang nennt man Bestäubung.

Da das Pollenkorn nur passiv beweglich ist, müssen fremde Motoren es in Bewegung setzen; dies sind entweder Wind, Wasser oder Tiere: man spricht darnach von wind-, wasser- und tierfreundlichen, oder anemophilen, hydrophilen und zoidiophilen Blüten.

Die Windblütler haben unscheinbare Blüten ohne Farbe, Duft und Honig. Frucht- und Staubblätter sind so gestellt, dass der Pollen durch den Wind leicht auf die Narbe gebracht werden kann. Bei monöcischen Pflanzen stehen daher die leicht beweglichen männlichen Blütenstände tiefer als die weiblichen (Fig. 389), sodass ein Windhauch den Pollen leicht emporträgt, bei Zwitterblüten entwickeln sich die Pistille an der Spitze des Blütenstands zuerst, tiefer unten die Staubblätter (Plantago, Fig. 393 S. 194). Das Ausstäuben kann bei Windblütlern auch durch Zurückschnellen der Antheren geschehen

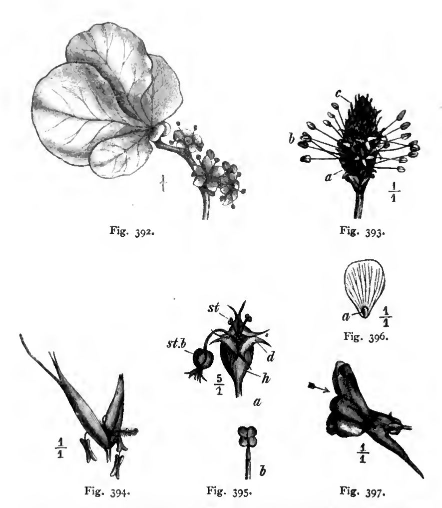


Fig. 392. Fig. 393. Fig. 396. Fig. 394. Fig. 395. Fig. 397.

Fig. 392. Viburnum plicatum; Agamonöcie, ein Strahl des Blütenstands, am Ende mit einer grossen Schaublüte, $^1/_1$.

Fig. 393. Plantago lanceolata; protogynische Dichogamie, *a* = Region abgeblühter Blüten, *b* = Region der reifen Staubgefässe, *c* = Region der reifen Griffel und Narben, $^1/_1$.

Fig. 394. Avena strigosa; Grasblüte, die Granne ist verkürzt.

Fig. 395. Euphorbia peplus; *a)* Blütenstand, Cyathium genannt, *h* = Hülle des Blütenstands, *d* = Drüsen der Hülle, *st* = Staubgefässblüte, *st.b* = Stempelblüte, *b)* einzelne Blüte.

Fig. 396. Ranunculus repens; Blumenblatt mit Honigschuppe *a*, $^1/_1$.

Fig. 397. Linaria vulgaris; Blüte, der Pfeil deutet die Richtung an, in welcher die Biene in die Blüte eindringt, $^1/_1$.

(Fig. 357), bei den Gräsern sind die Staubfäden lang und dünn, sodass sie vom Wind leicht hin und her bewegt und dabei ihres Pollens beraubt werden (Fig. 394), auch der ganze männliche Blütenstand kann schlank und leicht beweglich sein (Fig. 389). Damit der Pollen nicht zur Unzeit verstäubt wird, wird er manchmal in irgendwelchen Behältern abgelagert und später verstäubt (Fig. 358, 359 und 367). Hydrophile Pflanzen, welche den Pollen durch Wasser zur Narbe tragen lassen, sind seltener.

Die meisten Pflanzen sind zoidiophil. Die Tiere, meist Insekten, kommen aber nicht von selbst, sondern müssen irgendwie angelockt werden. Dies geschieht durch grosse und farbige Blütenhüllen, die auf das Auge der Besucher, durch Düfte, die auf ihr Geruchsorgan einwirken, und durch Honig, der auf ihr Geschmacksorgan einwirkt. Die Insekten suchen dabei meistens in den Blüten Nahrung, nämlich Honig und daher den in Unmenge erzeugten Blütenstaub, manchmal auch Schlupfwinkel, oder endlich wollen sie in den Blüten ihre Eier ablegen. Die letzteren beiden Fälle sind selten; Aristolochia bietet ein Beispiel für Blüten, welche Tieren einen Unterschlupf bieten (Fig. 415 und 416). — Die Honigabsonderung findet in besonderen Organen statt, oft auf fleischigen Scheiben unter oder über dem Fruchtknoten (Fig. 310, 311, 447); besondere Drüsen besitzt Euphorbia (Fig. 395), oft haben die Blätter der Blütenhülle Grübchen für den Honig (Fig. 396), recht häufig ist eine spornartige Verlängerung, wie bei Linaria (Fig. 397) oder bei Delphinium consolida, wo die beiden Honigblätter zu einem Sporn verwachsen, welcher in einem äusseren Sporn der Blütenhülle sitzt und dadurch noch

besonders wirksam geschützt wird (Fig. 398 und 399). Besondere „Honigblätter" (Staminodien, also umgewandelte Staubblätter) besitzt Parnassia (Fig. 400).

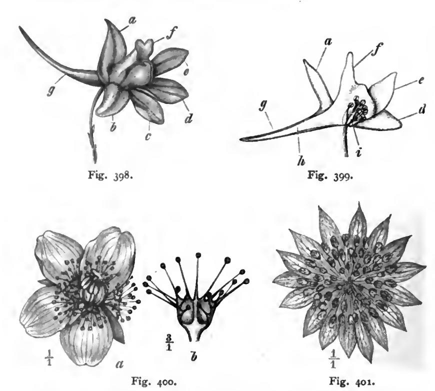


Fig. 398. Fig. 399.

Fig. 400. Fig. 401.

Fig. 398. Delphinium consolida; zygomorphe Blüte, Erklärung s. Fig. 399, $^1/_1$.
Fig. 399. Dasselbe; dieselbe Blüte nach Entfernung der Blätter *a* und *c* und Halbierung der Blätter *a* und *f*; *a*, *b*, *c*, *d* und *e* = Kelchblätter, *f* = Blumenblatt, *g* = Sporn des obersten Kelchblattes, *h* = Sporn des in *g* eingeschlossenen Blumenblattes *f*, *i* = Staubgefässe mit am Grund verbreitertem Filament, $^1/_1$.
Fig. 400. Parnassia palustris; Blüte mit Staminodien; *a)* Blüte nach Entfernung eines Blumenblattes, $^1/_1$. *b)* Einzelnes Staminodium, $^8/_1$.
Fig. 401. Astrantia major; extrafloraler Lock-(Schau-)apparat, durch vergrösserte und buntgefärbte Hochblätter (Hülle des Blütenstandes) gebildet, $^1/_1$.

Um die Insekten von weitem auf die Blüten aufmerksam zu machen, besitzen sie auf die Augen wirkende Lockmittel, deren Gesamtheit Schauapparat genannt wird,

besser wäre die Bezeichnung Lockapparat. Dies ist natürlich in erster Linie eine grosse buntgefärbte Blumenkrone, wofür die Figuren 325, 301, 376 u. v. a. Beispiele liefern. Eine grosse Fläche bietet dann auch zu gleicher Zeit eine gute Anflugstelle für die herbeieilenden Insekten. Haben die Kronenblätter eine andere Funktion, z. B. als Honigbehälter, so bilden die Kelchblätter den Lockapparat

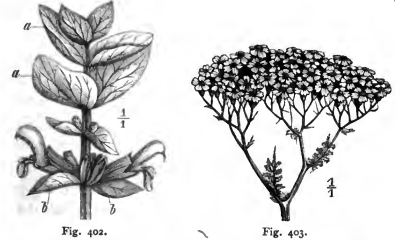


Fig. 402. Fig. 403.

Fig. 402. Salvia Horminium; extrafloraler Lock-(Schau-)apparat, gebildet durch grosse bunte Hochblätter (Stützblätter der Blüten), $^1/_1$.

Fig. 403. Achillea millefolium; zahlreiche Körbchen in einer Doldentraube stehend, so dass sie in einer Ebene liegen, $^1/_1$.

(Fig. 339), oder auch buntgefärbte Staubblätter und Narbenlappen (Fig. 376). Ferner können die Hochblätter diese Rolle übernehmen, bei Astrantia ist es die Doldenhülle (Fig. 401, einzelne Blüten s. Fig. 391), bei manchen Kompositen die buntgefärbte Körbchenhülle (Fig. 430), bei Salvia Horminium (Fig. 402) die Stützblätter der oberen verkümmerten Blüten, dieselben sind rot und grün, weiss geädert und vergrössert.

Sind die Blüten klein, so können sie durch Anhäufung in einen Blütenstand fernhin sichtbar werden, bei Blütenständen, deren Blüten in einer Ebene liegen, wie Dolden, Doldenrispen u. s. w., ist das besonders deutlich und zudem bieten dieselben in ihrer Gesamtheit eine gute Anflugstelle, z. B. Achillea millefolium (Fig. 403). Diese Blüten werden dann oft von kleinen Insekten bestäubt, welche sich auf dem Blütenstand mehr vagabondierend umhertreiben und dabei ganz mit Blütenstaub bepudert von einer Blüte zur anderen kriechen. Bei Blütenständen übernehmen oft bestimmte, dann meist unfruchtbare Blüten die Rolle des Lockapparates, so bei allen Kompositen mit zungenförmigen Randblüten, die einen weithin sichtbaren Strahl bilden (Fig. 404, 285), noch bemerkenswerter ist das Beispiel von Viburnum plicatum (Fig. 392) mit nicht so einheitlichem Blütenstand, bei welchem trotzdem die äusseren Blüten einen sehr wirksamen Lockapparat bilden. Die buntgefärbte Blüte kann oft durch besondere Wegweiser den besuchenden Insekten den Weg zum Honig zeigen, z. B. bei Tropaeolum majus (Fig. 438) durch dunkle Streifen.

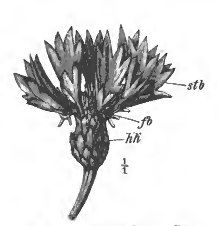


Fig. 404. Centaurea Cyanus; Blütenkörbchen, *hk* = Hüllkelch des Blütenstands, *fb* = fruchtbare Blüten, *stb* = sterile Blüten, den Schauapparat bildend, $^1/_1$.

Gleich mannigfaltig ist die Auswahl der Farben und Düfte. Die Farben sind stets so gewählt, dass sie dem Zweck möglichst dienen, so haben Nachtblütler, welche

von Nachtfaltern besucht werden, weisse Farben und starke Düfte, verschmähen dagegen bunte Farben. Die Blüten sind so gefärbt, dass sie von weitem auffallen, womit natürlich der Mannigfaltigkeit Thür und Thor weit geöffnet sind; bei alledem lässt sich doch wohl erkennen, dass bei der Anordnung der Farben gewisse ästhetische Rücksichten geübt sind: es hat wohl noch niemand geklagt, dass die Farbenzusammenstellung in der Natur eine „schreiende“ sei und dass hier wie in den Moden der Menschen Geschmacksverirrungen vorkommen. Die ästhetischen Gefühle der Insekten scheinen also wohl instinktiv den unseren gleich zu sein.

Die Farben beruhen auf chemischen Verhältnissen, ihnen kommen anatomische zu Hilfe, welche wie z. B. papillöse Erhebung der einzelnen Zellen samtartige Beschaffenheit und andere Nebenumstände bewirken. Die roten und blauen Farben beruhen auf einem im Zellsaft gelösten, die gelben auf einem körnigen, also ungelösten Farbstoff.

Ebenso vielseitig wie die Farbe ist der Duft der Blüten; es lässt sich das ja von vornherein denken; denn die Geruchsempfindung der Tiere wird auch eine sehr verschiedene sein: manches Tier wird für schön halten, was ein anderes flieht. Die Riechstoffe lassen sich auf bestimmte chemische Körper zurückführen und darnach kann man in die ausserordentliche Mannigfaltigkeit der Gerüche einige Ordnung bringen. Man hat nach den betreffenden chemischen Verbindungen fünf Gruppen von Düften unterschieden. In die erste Gruppe (indoloide Düfte von Indol) gehören solche, die für die menschlichen Nasen nichts weniger wie

schön sind, da sie an verwesende Stoffe erinnern, solche Düfte zeigen z. B. manche ausländischen Orchideen und Aroideen.

Die Düfte der zweiten Gruppe (aminoide von Amin) haben für uns auch noch etwas unangenehmes, dahin gehören manche Pomaceen (z. B. Weissdorn und Birne), Kastanie u. s. w. Die dritte Gruppe der benzoloiden Düfte (von Benzol) umfasst viele der uns sehr angenehmen, wie Reseda, Nelken, Flieder, Veilchen, Waldmeister. Zu den paraffinoiden (von Paraffin) Düften gehören Baldrian, Rosen, Wein, Linde u. a. m. Die letzte Gruppe endlich ist die der terpenoiden (von Terpen) Düfte, zu denen Orangen, Zitronen und Lavendel gehören.

Kombinationen verschiedener Düfte kommen vor, auch können verwandte Pflanzen sehr verschiedene Düfte haben.

Dass Farben und Düfte sich vertreten können, liegt auf der Hand: die schön gefärbte Kornblume ist geruchlos und die ungefärbte Weinblüte hat einen starken Geruch. Eine allgemeine Regel aber lässt sich nicht daraus ziehen.

Was den eigentlichen Akt der Bestäubung anbelangt, die Aufladung des Pollens auf die Insekten und die Übertragung auf die Narbe, so ist derselbe so ausserordentlich verschiedenartig, dass wir hier aus der grossen Fülle nur wenige Fälle herausgreifen können. Fig. 405 bis 408 stellt den Vorgang bei Salvia pratensis dar. Dieser von Bienen besuchte Lippenblütler besitzt in seiner Unterlippe eine bequeme Anflugstelle, die Oberlippe ist helmartig und geschlossen, in ihr liegen die Narbe und die beiden Antheren. Letztere sitzen auf eigenartigen Staubfäden, das sehr verlängerte Konnektiv bildet ein

Hebelwerk und die zweite Antherenhälfte ist zu einem Blättchen umgewandelt, welches in der Ruhelage, da der Hebel dann aufrecht steht, den Schlund versperrt (Fig. 405 und 408*a*). Drückt man gegen diese Blättchen, so öffnet sich der Schlund und die Antheren fahren auf ihren

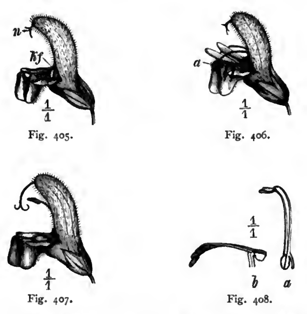


Fig. 405. Fig. 406.

Fig. 407. Fig. 408.

Fig. 405. Salvia pratensis; Blüte für den ersten Akt der Bestäubung bereit, *n* = Narbe, noch nicht reif, *kf* = Klappe des Filaments, $^1/_1$.

Fig. 406. Dieselbe; Blüte mit ein kriechender Biene, *a* = zur Seite und herunter geschlagene Anthere, $^1/_1$.

Fig. 407. Dieselbe; Blüte mit zur Bestäubung bereiter Narbe, für den zweiten Akt der Bestäubung reif, $^1/_1$.

Fig. 408. Dieselbe; Staubgefässe, *a)* in der Ruhe, *b)* vorgeschnellt, $^1/_1$.

Hebeln herunter (Fig. 406 und 408*b*). Dasselbe geschieht, wenn eine Biene oder Hummel in die Blüte kriecht und mit dem Rüssel gegen das Hebelwerk stösst: der Pollen wird ihr auf den Rücken geladen (Fig. 406). Da nun in älteren zur Bestäubung reifen Blüten die Narbe

bogig hervorsteht (Fig. 407), so wird das Insekt in diesen den Pollen beim Auffliegen an die Narbe anstreichen. — Ein zweites Beispiel sei Lobelia (Fig. 409—411). Hier ist der Stempel von den Staubgefässen umgeben, deren

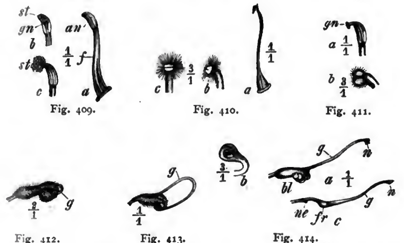


Fig. 409. Lobelia syphilitica; *a)* der von den Staubgefässen umgebene Stempel, *f* = unten freie, oben verwachsene Filamente, *an* = verwachsene Antheren; *b)* die Antherenkeule im Durchschnitt, bei *gn* Griffel und Narbe, darüber *st* = Blütenstaub; *c)* dieselbe mit vorgetretenem Blütenstaub *st*, $^1/_1$.

Fig. 410. Dieselbe; *a)* Stempel, $^1/_1$; *b)* Griffelende von der Seite, $^3/_1$; *c)* Griffelende von vorn mit der Bürste, Narbe noch geschlossen, $^3/_1$.

Fig. 411. Dieselbe; *a)* zweites Stadium der Antherenkeule, Griffel nnd Narbe *gn* sind vorgetreten, $^1/_1$; *b)* die reife Narbe, die Haarbürste ist fast verschwunden, $^3/_1$.

Figuren 412—414. Grevillea absynthifolia; Blütenentfaltung.

Fig. 412. Knospe, bei *g* wölbt sich der Griffel schon heraus, $^2/_1$.

Fig. 413. Knospe in einem weiteren Stadium, die Narbe ist noch eingeschlossen, $^1/_1$.

Fig. 414. *a)* Entfaltete Blüte, *bl* = Blumenblätter, *g* = Griffel, *n* = Narbe, $^1/_1$; *b)* Blumenblatt mit Staubgefäss, $^3/_1$; *c)* Stempel, *fr* = Fruchtknoten, *g* = Griffel, *n* = Narbe, *ne* = Nektarschuppe, $^1/_1$.

Filamente nach oben verwachsen sind und deren Antheren eine gemeinsame Keule bilden, die Antheren öffnen sich nach innen, hier befindet sich zu der Zeit die Griffelspitze, welche, ehe die Narben sich öffnen, eine Bürste

besitzt, durch welche der Pollen aus der Antherenkeule herausgefegt wird, dann kommen Insekten und holen den Blütenstaub; ist dies geschehen, so vertrocknet die Haarbürste und an der Spitze des noch mehr verlängerten Griffels öffnet sich jetzt die reife Narbe. — Ein ferneres



Fig. 415.

Fig. 415. Aristolochia Clematitis; blühender Zweig, $^1/_1$.

Beispiel möge Grevillea liefern (Fig. 412—414). Hier sind die Blumenblätter meist mehr oder weniger verwachsen, an ihrer Innenseite sitzen die filamentlosen Antheren, dieselben umschliessen das Griffelende, welches einen Sammelapparat für Pollen besitzt. Der Griffel wächst später bogenförmig hervor, sein Ende bleibt aber noch in der

Blütenhülle, springt diese, so öffnen sich durch die Erschütterung die reifen Antheren und lagern den Pollen auf das sich vorschnellende Griffelende ab, dessen Narbe jedoch erst später bestäubungsfähig wird. — Ein anderes

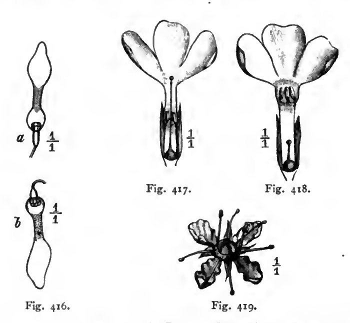


Fig. 417. Fig. 418.

Fig. 416. Fig. 419.

Fig. 416. Aristolochia Clematitis; Blüten im Längsschnitt etwas schematisiert; *a)* erstes Stadium, Blüte aufrecht, in der Röhre mit Haaren, $^1/_1$; *b)* zweites Stadium, Blüte gesenkt, die Haare eingeschrumpft, $^1/_1$.

Fig. 417. Primula elatior; Blüte im Längsschnitt, um die Heterostylie zu zeigen, langgriffelige Form, $^1/_1$.

Fig. 418. Dieselbe; kurzgriffelige Form, $^1/_1$.

Fig. 419. Ruta graveolens; Blüte von oben gesehen, Griffel noch kurz, zwei Staubfäden haben sich schon erhoben, am Grunde des Fruchtknotens ein drüsiger Diskus, $^1/_1$.

Beispiel liefert Aristolochia Clematitis*), welches die Fig. 415 und 416 erläutern. Das oberständige Perigon ist röhrenförmig, über dem Fruchtknoten kugelig erweitert, nach oben

*) Bemerkt mag sein, dass die Richtigkeit der hier gegebenen Deutung, die lange Zeit allgemein angenommen wurde, jetzt bezweifelt wird.

mit einer fahnenartigen Verbreiterung (Lockapparat). Die Blüte steht zuerst aufrecht, die Röhre besitzt dann nach innen gerichtete Haare. Kleine Fliegen und Mücken suchen in ihr Unterschlupf und Nahrung, kriechen sie hinein, so können sie wegen der Haare nicht wieder heraus; sie müssen einige Zeit darin bleiben, während dessen öffnen sich die Antheren und die vorher reifen Narben trocknen ein. Die Mücken sind schliesslich ganz mit Pollen bedeckt, jetzt senkt sich allmählich die Blüte, während die Haare einschrumpfen, sodass die Tiere nun herauskriechen können, kommen sie jetzt in eine noch aufrecht stehende Blüte mit befruchtungsfähiger Narbe, so führen sie die Bestäubung aus. — Andere Beispiele s. unten.

In der Natur wird meist Fremdbefruchtung erstrebt, da sie kräftigere Nachkommenschaft erwirkt. Diese Fremdbefruchtung kann, wie schon aus Obigem hervorgeht, auf verschiedene Weise gesichert werden; so durch die Verteilung der Geschlechter (s. oben), ferner können die Blüten eine derartige Verschiedenheit zeigen, dass in einigen der Griffel kurz ist und die Antheren über der Narbe liegen, während in anderen, langgriffeligen die Antheren tief sitzen, man bezeichnet dies mit Heterostylie (Primula, Fig. 417 und 418). Wie hier die Bestäubung und zwar Fremdbestäubung stattfinden wird, liegt auf der Hand: an der Stelle, an der sich das Insekt in einer Blüte mit Pollen beladen hat, trifft es in einer anderen die Narbe, an welcher es nun den Pollen abstreift. — Wichtig ist ferner die ungleichzeitige Entwicklung der Narben und Antheren in derselben Blüte, die sogenannte Dichogamie, welche Selbstbestäubung selbstverständlich ausschliesst; sind

die Narben vor Öffnung der Antheren bestäubungsfähig, so heisst die Blüte proterogyn, so z. B. bei der eben beschriebenen Aristolochia und bei Plantago (Fig. 393), ist umgekehrt der Pollen vor der Narbe reif, so nennt man die Blüte proterandrisch, wofür Fig. 422, 423, 409 bis 414 Beispiele liefern. — Auch durch gewisse Bewegungen kann Fremdbestäubung gesichert werden, so z. B. bei der proterandrischen Ruta graveolens (Fig. 419), hier ist zuerst der Griffel sehr kurz, die Staubgefässe liegen wagerecht, erheben sich jedoch der Reihe nach und senken sich wieder, stehen sie senkrecht, so muss das den Honig auf dem Diskus suchende Insekt sie berühren; nach den Staubgefässen aber wächst die reife Narbe empor. Ähnlich ist es bei Cajophora, wo die zuerst aufrechten Staubgefässe allmählich die befruchtungsfähige Narbe entblössen (Fig. 367), indem sie sich senken.

Verbannt ist aber die Selbstbestäubung (Autogamie) durchaus nicht aus dem Pflanzenreich, oft ist sie notwendig und sichert den Bestand der Nachkommenschaft. Auch hier sind die Beispiele sehr mannigfach. Bei manchen Pflanzen, die sonst Fremdbestäubung erstreben, erfolgt Autogamie, wenn jene nicht stattfand. Bei Scilla (Fig. 420) steht die Blüte zuerst aufrecht, die Staubfäden sind ausgebreitet und der Griffel seitlich nach aussen gebogen. Dann aber senken sich die Blüten und ebenso die Staubgefässe, bis sie endlich um den zentral stehenden Griffel herumstehen, sodass nötigenfalls Autogamie eintritt, indem sie den Pollen auf die Narbe fallen lassen. Bei Adoxa moschatellina (Fig. 421) sind die Staubfäden der eben geöffneten Blüten kurz, nachher werden sie länger,

sodass sie sich der Narbe nähern. — Ein Beispiel von Fremdbestäubung mit ermöglichter Autogamie bietet auch Malva Alcea (Fig. 422 und 423). Die Staubfäden bilden eine Röhre, in welcher der Griffel mit den zusammenschliessenden

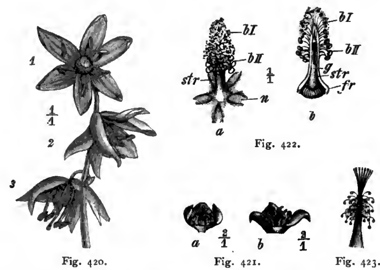


Fig. 422.

Fig. 420. Fig. 421. Fig. 423.

Fig. 420. Scilla spec.; dreiblütige Traube, 1 = senkrechte Blüte mit ausgebreiteten Staubgefässen und seitlich nach aussen gerichtetem Griffel, 2 = Blüte, die sich samt den Staubgefässen zu neigen beginnt, 3 = nach unten gerichtete Blüte mit Staubgefässen, die sich um den zentral stehenden Griffel geneigt haben, $^1/_1$.

Fig. 421. Adoxa moschatellina; *a)* eben geöffnete Blüte mit kurzen Staubgefässen, $^2/_1$; *b)* ältere Blüte mit längeren Staubgefässen, $^2/_1$.

Fig. 422. Malva Alcea; Geschlechtsapparat im ersten Stadium; *a)* der Grund der Blumenkrone, *n* = Haare, welche die Nektarien verdecken; *b)* dasselbe im Längsschnitt, um den Griffel zu zeigen, *str* = Staubfadenröhre, *g* = Griffel, *fr* = Fruchtknoten, *b I* = obere geöffnete Pollensäcke, *b II* = untere geschlossene Pollensäcke, $^1/_1$.

Fig. 423. Dieselbe; Geschlechtsapparat im zweiten Stadium, Staubgefässe vertrocknet, Narben geöffnet, $^1/_1$.

Narben steckt. Von den zahlreichen Antheren beginnen die obersten zuerst zu reifen, je mehr die unteren reifen, desto mehr streckt sich der Griffel und die oberen Antheren vertrocknen, endlich breiten sich die Narben an der Stelle aus, wo vorher die obersten Antheren waren;

es ist also nur Fremdbestäubung möglich, erfolgt diese jedoch nicht, so krümmen sich die Narbenäste so weit auf die Antheren hinab, dass sie dort noch einen etwaigen Rest von Pollen aufnehmen.

d. Blütenschutz.

Entsprechend der grossen Bedeutung von Staubblättern und Fruchtblättern für die Erhaltung der Art müssen dieselben auch einen sehr wirksamen Schutz haben. In der ersten Zeit sind es die zu einer Knospe geschlossenen Blütenhüllen, welche diesen Schutz gewähren, dieselben sind dazu in verschiedener Weise gelagert, sogenannte Ästivation, deren Arten sich aus Fig. 424 und Erklärung ergeben. Bei der Entfaltung der Blütenknospen gehen die Blätter der Blütenhülle aus einander, oder sie fallen, wenn sie nur zum Schutz dienten, oft zusammenhängend ab (Vitis, Fig. 313). Die Öffnung der Blüte geschieht dann, wenn es für die Pflanze von Nutzen ist, wenn also ihre Geschlechtsorgane reif und die zur Befruchtung nötigen Insekten vorhanden sind; bei den von Nachtschmetterlingen besuchten Blüten mithin des Nachts. Die inneren Blütenteile, also Pollen, Samenknospen und etwa Honig, müssen gegen Nässe und unberufene Gäste geschützt werden. Zum ersteren Zweck wird auf irgend eine Weise ein Regenschirm gebildet. Das können Laubblätter sein, unter denen die Blüten stehen, oder auch Hochblätter (Fig. 293). Oft wölbt sich die Blumenkrone dachartig über die Antheren und die Narbe wie bei Lamium (Fig. 333), auch die Narben können regenschirmartig sein, wie bei Iris (Fig. 376), manchmal hängt die

ganze Blüte gesenkt an dem nickenden Stiel, besonders bei Regen (Campanula, Fig. 325). Es kann sich bei vielen Pflanzen die Blüte auch zur Regenzeit (gewöhnlich dann auch des Nachts) schliessen, wie bei Tulipa (Fig. 425

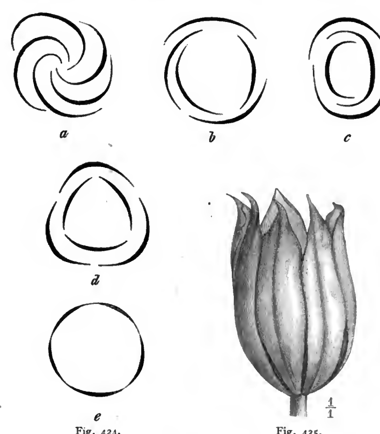


Fig. 424. Fig. 425.

Fig. 424 *a—e*. Knospenlage. *a)* Aestivatio contorta oder gedrehte Knospenlage; jedes Blatt wird an einem Rand von dem vorhergehenden Blatt gedeckt und deckt selbst mit dem anderen Rand das folgende Blatt; *b)* Aestivatio quincuncialis; die Blätter decken sich in einer Spirale, Divergenz $^2/_5$; *c)* Aest. imbricata oder dachige Knospenlage; die Blätter desselben Cyklus decken sich; *d)* Aest. alternativa; wechselnde Knospenlage, ein äusseres Blatt deckt je zwei innere Blätter; *e)* Aest. valvata; klappige Knospenlage, die Blätter berühren sich nur mit den Rändern.

Fig. 425. Tulipa; geschlossene Blüte, Schatten- und Nachtstellung, $^1/_1$.

und 426). Bei Kompositen mit Randblüten schlagen sich diese bei Regen (und in der Nacht) nach innen über die Scheibenblüten zusammen, z. B. Bellis (Fig. 427 und 428) und besonders interessant ist es, dass sich auch die Körbchenhüllblätter, wenn sie den Lockapparat bilden, bei Regen (und Nacht) schliessen, z. B. bei Rhodanthe Manglesi (Fig. 429 und 430), bei dieser Pflanze kommt auch noch eine Senkung des ganzen Köpfchens hinzu.



Fig. 426.

Fig. 426. Tulipa; offene Blüte, Sonnen- und Tagstellung, 1/1.

Der Schutz gegen unberufene Gäste, welche nur Honig und Blütenstaub stehlen, ohne die Bestäubung überhaupt bewirken zu können, ist ein sehr vielseitiger. Ungeflügelte Diebe werden vielfach durch die Stacheln an Blättern und Sprossachsen abgehalten, oft besitzen die Blütenstiele noch ganz besonders Drüsen, welche klebrige Stoffe absondern (Fig. 309). Auch die Blütenregion selbst kann unter Umständen stacheligen Schutz haben, so bei manchen

Kompositen durch die Hüllblätter, z. B. Centaurea solstitialis (Fig. 431), bei Urtica pilulifera ist das ganze Scheinköpfchen mit empfindlich brennenden Haaren besetzt

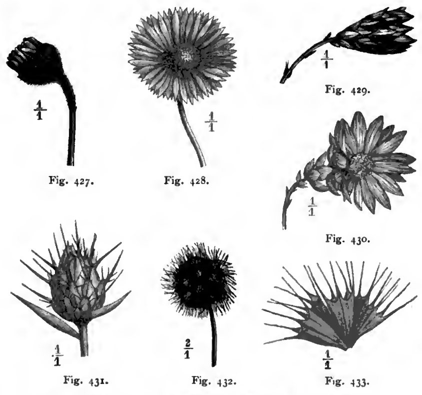


Fig. 427. Bellis perennis; geschlossenes Köpfchen, Regenstellung, $^1/_1$.
Fig. 428. Dieselbe; offenes Köpfchen, Sonnenstellung, $^1/_1$.
Fig. 429. Rhodanthe Manglesi; geschlossenes Köpfchen, Nachtstellung, $^1/_1$.
Fig. 430. Dasselbe; offenes Köpfchen, Tagstellung, $^1/_1$.
Fig. 431. Centaurea solstitialis; Köpfchen, die Hüllblättchen gehen in starke, lange Zähne aus, welche die Blüten schützen, $^1/_1$.
Fig. 432. Urtica pillulifera; Scheinköpfchen durch Brennhaare geschützt, $^2/_1$.
Fig. 433. Stachys silvestris; Halbquirl von abgeblühten Blüten mit Früchten, die Kelchblätter sind zu langen Stacheln ausgewachsen, $^1/_1$.

(Fig. 432), bei den Stachys-Arten gehen die Kelchzipfel in stachelartige Spitzen aus, die allerdings namentlich erst

nach dem Abfallen der Blumenkrone, also beim Reifen der Frucht besonders wirksam werden (Fig. 433). Die geflügelten unberufenen Gäste finden auch mannigfache Schwierigkeiten, ehe sie das Ziel ihrer Wünsche erreichen. Vielfach finden sich besondere Schuppen u. s. w., welche

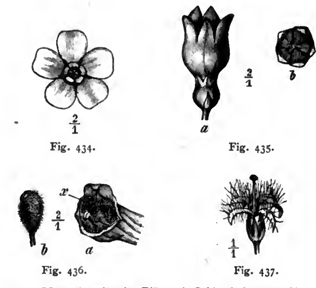


Fig. 434. Fig. 435. Fig. 436. Fig. 437.

Fig. 434. Myosotis palustris; Blüte mit Schlundschuppen, $^2/_1$.

Fig. 435. Symphoricarpus racemosus; *a)* Blüte von der Seite, Fruchtknoten unterständig; *b)* Blumenkronenschlund von oben, durch Haare geschlossen, $^2/_1$.

Fig. 436. Cuphea lanceolata; *a)* Kelchschlund nach Abfall der Blumenblätter, durch violette Haare verschlossen, die in Büscheln an der Kelchröhre sitzen, nach oben zwei verkümmerte Staubgefässe *x*, *b)* ein solches Staubgefäss unter der Anthere mit dichtem Haarfilz, $^2/_1$.

Fig. 437. Menyanthes trifoliata; Blüte, die Kronenblätter mit Borstenhaaren zum Schutz der Staubgefässe, $^1/_1$.

den Zugang zu den inneren Räumen der Blüte absperren, z. B. bei Myosotis (Fig. 434), oder Haare, die am Eingang der Kronenröhre stehen, z. B. Symphoricarpus (Fig. 435), besonders bemerkenswert ist der Fall von Cuphea lanceolata (Fig. 436), bei welcher einige Staubgefässe mit verkümmerten

Antheren den Schutz der übrigen übernehmen, indem sie mit einem dichten Pinsel von Haaren besetzt sind, welche nebst anderen Haaren den Blüteneingang verschliessen. Ferner können die Blumenblätter mit einem Wald borstenförmiger Haare versehen sein, welche gewiss vielen Insekten

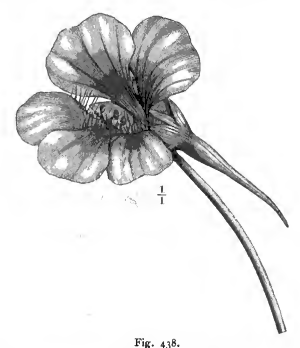


Fig. 438.

Fig. 438. Tropaeolum majus; Blüte mit langem Kelchsporn, auf den unteren Blumenblättern Borstenhaare, $^1/_1$.

unangenehm sein werden, so bei Menyanthes (Fig. 437) und Tropaeolum majus (Fig. 438). Der Honig ist oft noch durch besondere Haare geschützt, die über der Grube liegen, in welcher er abgesondert wird (Fig. 422).

Vielfach ist der ganze Bau der Blüte so, dass sie nur von bestimmten Insekten bestäubt werden kann, so ist

z. B. die Blumenkronenröhre so lang wie der Rüssel des betreffenden Insekts und in ihrem Grunde liegt der nur jenem erreichbare Honig, das ist besonders auffallend bei Nachtblütlern, die von Nachtschmetterlingen besucht werden, wie z. B. Lonicera periclymenum (Fig. 439), bei Salvia bilden

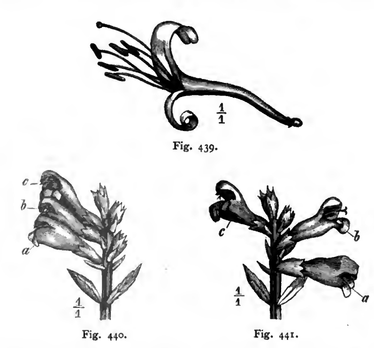


Fig. 439. Lonicera periclymenum; lange Blumenkronenröhre, lange Staubfäden und Griffel, $^1/_1$.

Fig. 440. Physostegia virginiana; Teil der Infloreszenz mit drei Blüten, die beiden unteren *a* und *b* sind bei

Fig. 441 um 180° gedreht (durch Verschiebung mit einem Bleistift), $^1/_1$.

Teile der Staubgefässe eine Klappe, welche nur die zur Bestäubung geeigneten Insekten zurückschieben können (Fig. 405—408), und bei Linaria ist der Honig im Ende eines langen Sporns verborgen, obendrein ist die Blüte durch Lippenbildung fest verschlossen und nur der kundigen

Hummel zugänglich, indem sie sich zwischen die beiden Lippen einzwängt (bei Fig. 397 in der Richtung des Pfeils), die Lippe bietet ihr obendrein noch eine erwünschte Anflugstelle.

Eine ganz eigenartige Vorrichtung besitzt Physostegia virginiana (Fig. 440 und 441). Die Blütenstiele sind bei ihr nämlich ausserordentlich leicht beweglich, sodass ein geringer Windstoss sie zur Seite schiebt, in welcher Lage sie dann verharren, so dass der Wind selbst nicht in die Blüte hineinfahren kann. Die Beweglichkeit der Blütenstiele bietet hier also wohl offenbar einen Schutz gegen die unsanfte Wirkung starken Windes.

e. Die Befruchtung.

Der Vorgang der Befruchtung gehört zu den Fragen, welche die wissenschaftliche Welt schon seit langer Zeit eifrigst beschäftigen und deren endgültige Lösung doch immer noch nicht abzusehen ist. Die äusseren Vorkommnisse sind dabei zunächst klar. Die Befruchtung besteht in der Verschmelzung zweier Plasmamassen, nämlich des Pollens und der Eizelle; allein bis zu diesem Ergebnis giebt es zunächst noch verschiedene Vorgänge.

Das Fehlen eines Fruchtknotengehäuses mit Narbe bei den Gymnospermen und das Vorhandensein von archegonienartigen Gebilden bei denselben bedingt schon äusserlich eine Verschiedenheit des Vorgangs bei den beiden grossen Phanerogamenabteilungen. Ist der Pollen durch den Wind auf die Samenknospe gelangt, so wird er entweder durch einen Tropfen Flüssigkeit auf die Kernwarze, den Gipfel des Knospenkerns gezogen (Taxus) oder

er wird von der Mikropyle unmittelbar aufgenommen. Die Pollenkörner sind an sich einzellig, zeigen aber später im Innern einige blasige Zellen, welche als Rest eines Vorkeims betrachtet werden. Sind sie an der Mikropyle bezw. dem Knospenkern angelangt, so wird die Innenwand, die Intine, als Schlauch aus der durchbrochenen Exine hervorgestülpt und wächst durch den Knospenkern hindurch zu den Archegonien; ein Vorgang, der oft eine geraume Zeit (ein Jahr) in Anspruch nimmt. Ist der Schlauch durch den Archegonienhals gewachsen, so wandert durch Tüpfel an seiner Spitze das Plasma zur Eizelle hinüber und ein Teilkern des Schlauches, der sogenannte Spermakern, vereinigt sich mit dem Kern der Eizelle.

Auch bei den Angiospermen hat man im Pollenkorn sterile Zellen beobachtet. Ist es auf die Narbe gelangt, so wird es dort von der Narbenflüssigkeit festgehalten und zum Austreiben des Pollenschlauchs angeregt, der nun durch das Leitungsgewebe des Griffels wächst und die Mikropyle aufsucht, der Vorgang nimmt bei den Angiospermen zwar meist eine geringe Zeit in Anspruch, kann aber bei Orchideen auch Monate dauern. Durch die Mikropyle wachsend gelangt der Schlauch zum Knospenkern, auch diesen und den Embryosack durchwächst er und legt sich sodann innig an den Eiapparat an, wobei die „Gehilfinnen" der Eizelle die Übertragung des Plasmas an die letztere vermitteln, hierbei scheinen die Kerne auch eine gewisse Rolle zu spielen.

Das Ergebnis der Befruchtung ist, dass die Eizelle zu einem eigenartigen Wachstum veranlasst wird, das mit der Ausbildung eines Keimlings, d. h. eines neuen jungen

Pflänzchens mit Würzelchen, Knospe und Keimblättern (Fig. 6) schliesst. Dieser Keimling ist von der Hülle des Samens umschlossen und macht eine Ruhezeit durch, bis er, von Wärme und Feuchtigkeit angeregt, zu einer neuen Pflanze auswächst.

Während der Ausbildung der Samenknospe zum Samen wird der Fruchtknoten zur Frucht.

VI.

Die Frucht.

Die Frucht soll die Samen umschliessen, ihnen bei der Entwicklung Schutz gewähren und anderseits ihre Verbreitung begünstigen; denn es ist selbstredend für die Pflanzen von grosser Bedeutung, dass ihre Samen weit verbreitet werden, weil sie, zuviele an demselben Ort aufwachsend, sich in ihrer Entwicklung gegenseitig stören würden. Diesem Doppelzweck entsprechend, kann die Ausbildung der Frucht sehr mannigfaltig sein.

1. Der Bau der Frucht.

Wie man den Fruchtknoten als synkarp, bezw. apokarp bezeichnet, jenachdem er aus einem Fruchtblatt oder aus mehreren hervorgegangen ist, so muss man auch die Früchte als apokarp oder synkarp bezeichnen. Die Wand des Fruchtknotens wird zur Fruchtwand, an welcher man mehr oder weniger deutlich drei Schichten erkennen kann, die äussere wird Epikarp, die zweite Mesokarp und die innere Endokarp genannt. Nach der Beschaffenheit der

Fruchtwand unterscheidet man zunächst Trocken- und Saftfrüchte, bei den letzteren ist ein ausgeprägtes Mesokarp von fleischiger Ausbildung vorhanden, während die Trockenfrüchte weniger deutlich jene Dreiteilung zeigen und eine häutige, lederige oder holzige Wand besitzen.

Wenn die Trockenfrüchte einsamig sind und auch im reifen Zustand geschlossen bleiben, so nennt man sie Schliessfrüchte, die Schale ist dann gewöhnlich auch recht hart und es gehört die Kraft des zum Leben erwachenden

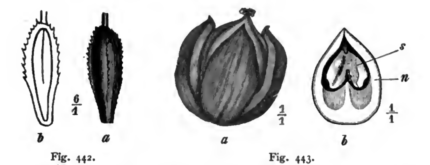


Fig. 442. Leontodon taraxacum; Achäne; *a)* von aussen, *b)* im Längsschnitt, $^6/_1$.

Fig. 443. Carya amara; *a)* Nuss mit aufgesprungener Aussenschicht, *b)* Nuss (Steinkern) im Längsschnitt, *n* = Schale, *s* = Samenlappen, $^1/_1$.

Keimlings dazu sie zu sprengen. Eine solche Schliessfrucht ist z. B. die Grasfrucht, die man auch wohl mit besonderem Namen (Caryopse) bezeichnet, weil sie das Besondere hat, dass ihre Wand mit der Samenschale verwächst, während die aus einem unterständigen Fruchtknoten entstandene Achäne der Kompositen (Fig. 442) nur eine häutige, fest anliegende, aber nicht verwachsende Fruchtwand besitzt. Bei der dritten Form der Schliessfrucht, der Nuss (Fig. 443), ist die Schale lederartig oder

holzig, dieselbe hat eine weite Verbreitung, z. B. bei den Kupuliferen.

Zerfallen die Früchte bei der Reife in mehrere Teile, so nennt man sie Bruchfrüchte (Fig. 444—446), natürlich

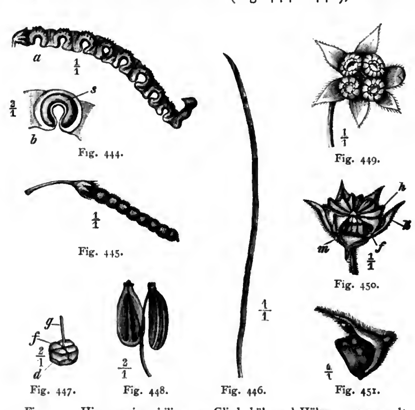


Fig. 444. Hippocrepis unisiliquosa; Gliederhülse, *a)* Hülse von aussen, $^1/_1$; *b)* ein Teil mit freigelegtem Samen *s*, $^2/_1$.

Fig. 445. Adesmia muricata; Gliederhülse, $^1/_1$.

Fig. 446. Coronilla cretica; Bruchhülse, $^1/_1$.

Fig. 447. Lamium maculatum; Frucht mit vier Teilfrüchtchen, *g* = Griffel, *f* = Fruchtknoten, *d* = Diskus, $^2/_1$.

Fig. 448. Siler. trilobum; Teilfrucht, $^2/_1$.

Fig. 449. Omphalodes linifolia; Spaltfrucht, $^1/_1$.

Fig. 450. Anoda Wrightii A. Gray; Spaltfrucht, die vorderen Früchte sind abgelöst, *k* = Kelchzipfel, *m* = Mittelsäule, *h* = Samenhülle aus der abgelösten Aussenwand gebildet, *f* = Frucht, $^1/_1$.

Fig. 451. Dieselbe; einzelne Frucht mit der harigen kapuzenförmigen Hülle, $^4/_1$.

müssen sie dann auch mehrsamig sein, damit jeder Teil einen Samen enthält.

Spalten sich die Früchte in mehrere Teile durch vorgebildete Scheidewände, die dann den Wänden verschiedener Fruchtblätter entsprechen, so sind es Spaltfrüchte (Labiaten, Umbelliferen, Omphalodes, Fig. 447, 448 und 449), bei

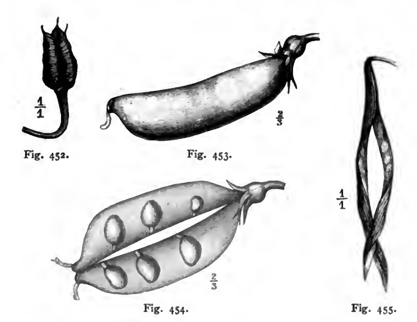


Fig. 452. Delphinium dyctyocarpum; oben aufgesprungene Balgkapsel, $^1/_1$.
Fig. 453. Pisum sativum; Hülse, $^2/_3$.
Fig. 454. Dasselbe; Hülse geöffnet, $^2/_3$.
Fig. 455. Lathyrus Nissola; aufgesprungene Hülse mit gedrehten Klappen, $^1/_1$.

der in Fig. 450 und 451 abgebildeten Spaltfrucht der Malvacee Anoda Wrightii tritt noch die Eigentümlichkeit hinzu, dass die äussere Fruchtwand sich kapuzenartig abhebt, ein Vorgang, dessen biologische Bedeutung noch unklar ist.

Springfrüchte sind solche, die sich auf irgend eine Weise öffnen, um den Samen zu entlassen. Entsteht

diese Frucht aus einem Fruchtblatt und springt sie an der Bauchnaht auf, so spricht man von einer Balgfrucht, (Delphinium, Fig. 452), öffnet sie sich mit zwei Klappen,

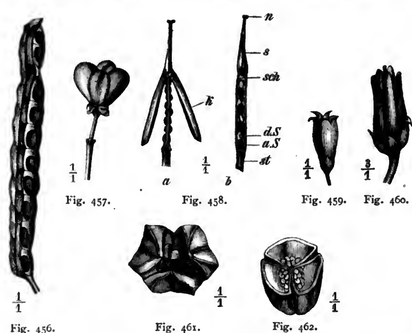


Fig. 457. Fig. 458. Fig. 459. Fig. 460.

Fig. 456. Fig. 461. Fig. 462.

Fig. 456. Tetragonolobus purpureus; Hülse mit Querwänden, längs offen geschnitten, $^1/_1$.
Fig. 457. Evonymus europaeus; Kapselfrucht, $^1/_1$.
Fig. 458. Sinapis arvensis; Schotenfrucht, *a)* von der Seite mit abfallenden Klappen, *b)* Klappen losgelöst, von vorne, *st* = Stiel, *a.S.* = aufliegende Samen, *d.S.* = durch die Scheidewände durchscheinende Samen, *sch* = häutige Scheidewand, *s* = Schnabel (Griffel), *n* = Narbe, $^1/_1$.
Fig. 459. Silene spec.; mit Zähnen aufgesprungene Kapsel, $^1/_1$.
Fig. 460. Rhododendron punctatum; Kapsel, $^3/_1$.
Fig. 461. Lilium Martagon; wandspaltige Kapsel, $^1/_1$.
Fig. 462. Colchicum autumnale; fachspaltige Kapsel, $^1/_1$.

so ist es eine Hülse (Pisum, Fig. 453 und 454), diese Klappen drehen sich oft schraubig (Lathyrus Nissola, Fig. 455) und bewirken dadurch ein Fortspringen der zwischen ihnen sitzenden Samen. Seltener besitzen die

Hülsen noch Querwände, z. B. Tetragonolobus (Fig. 456). Springfrüchte, die aus mehreren Fruchtblättern entstehen, sind Kapseln (Evonymus, Fig. 457). Öffnet die Kapsel sich der Hülse ähnlich mit zwei Klappen, die dann aber zwischen sich eine Scheidewand lassen, an der die Samen sitzen, so ist es eine Schote (Sinapis, Fig. 458). Die Kapsel kann aber auch mit Zähnen aufspringen (Silene, Fig. 459), oder bis zum Grund aufspalten (Rhododendron, Fig. 460), und zwar der

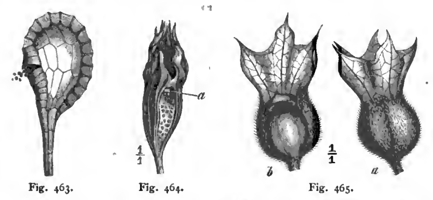


Fig. 463. Fig. 464. Fig. 465.

Fig. 463. Aspidium filix mas; Sporenkapsel, die Sporen entlassend, st. vergr.
Fig. 464. Campanula persicifolia; Kapsel mit Porenklappen (= *a*) aufspringend, 1/1.
Fig. 465. Hyoscyamus niger; *a)* Frucht mit Kelchhülle, von aussen, *b)* der Kelch zum Teil entfernt, um das Öffnen mit einem Deckel zu zeigen, 1/1.

Wand oder den Fächern entsprechend (Lilium, Fig. 461, und Colchicum, Fig. 462) — hier sei auch der mit einem Querriss aufspringenden Farnsporenkapsel (Fig. 463) gedacht —, oder die Kapsel öffnet sich mit Poren (Campanula, Fig. 464) oder mit einem Deckel (Hyoscyamus, Fig. 465). Oft springen die Früchte mit solcher Gewalt auf, dass die Samen weit fortgeschleudert werden, z. B. Oxalis (Fig. 466 u. 467 S. 224), in diesem Fall besitzen die Samen eine elastische sich

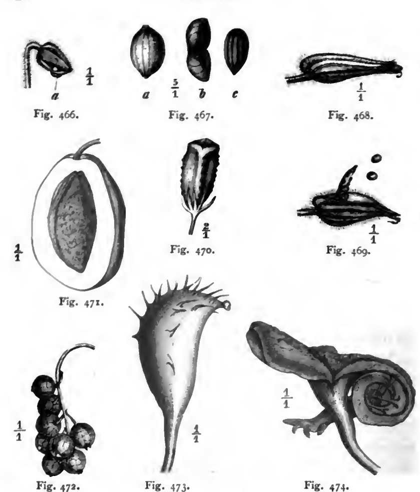


Fig. 466. Oxalis acetosella; Springfrucht, *a* = Samen, der im Begriff ist, fortzuspringen, $^1/_1$.

Fig. 467. Dieselbe; *a* = Samen, *b* = aufgesprungenes Epikarp, *c* = Samen ohne Epikarp, $^5/_1$.

Fig. 468. Cuphea lanceolata; Frucht im ersten Stadium, $^1/_1$.

Fig. 469. Dieselbe; zweites Stadium der Frucht, sie ist oben aufgesprungen und die Placenta hat sich emporgerichtet, wobei die Samen fortgeschleudert werden, $^1/_1$.

Fig. 470. Reseda lutea; offener Fruchtknoten, $^2/_1$.

Fig. 471. Prunus domestica; Steinfrucht, vorderer Teil der Fleischhülle entfernt, $^1/_1$.

Fig. 472. Ribes rubrum; Beerenfrüchte, $^1/_1$.

Fig. 473. Cyclanthera explodens; Frucht im ersten Stadium, $^1/_1$.

Fig. 474. Dieselbe; Frucht im aufgesprungenen Zustand, $^1/_1$.

mit Gewalt ausdehnende Hülle (Fig. 467 *b*). Anders ist das Schleuderwerk von Cuphea lanceolata (Fig. 468 und 469) eingerichtet, hier springt die Frucht oben auf und die angespannte Placenta richtet sich die Samen fortschleudernd empor. — Die Frucht von Reseda (Fig. 470) ist oben offen, die Samen werden, wenn die Pflanze vom Wind gerüttelt wird, einfach gleichwie bei den mit Poren versehenen Kapseln wie aus einer Streubüchse ausgestreut.

Bei den Saftfrüchten sind irgend welche Teile saftig und fleischig geworden. Dies dient der Verbreitung der Früchte, indem das Fruchtfleisch Tieren zur Nahrung dient, welche die Früchte fortschleppen. Ist dabei die innerste Schicht der Frucht, das Endokarp, steinhart und umschliesst es (meist) nur einen Samen, so nennt man die Saftfrucht eine Steinfrucht (Prunus, Fig. 471), umschliesst das Fleisch mehrere Samen, so ist die Frucht eine Beere (Ribes, Fig. 472). — Seltener springen Saftfrüchte auf, so giebt es mehrere Gurkenarten, die ihre Samen samt wässerigem Inhalt durch eine Explosion ausstossen, z. B. Cyclanthera explodens (Fig. 473 und 474), bei Momordica Elaterium (Fig. 475 S. 226) ist dies besonders bemerkenswert, insofern der Inhalt der Frucht in demselben Augenblick ausgeschleudert wird, in dem letztere von dem Stiel sich ablöst und zwar durch eine hier entstehende Öffnung.

Als eine abweichende Form der Steinfrucht sei die Frucht der Birne Pirus communis (Fig. 476 S. 226) genannt, doch hat hier an der Bildung der fleischigen Hülle auch die Achse Anteil (s. unten).

Bilden die aus den verschiedenen Fruchtknoten hervorgehenden Einzelfrüchte ein sich gemeinsam ablösendes

Ganzes, so heisst dieses eine Sammelfrucht, wie z. B. bei Rubus idaeus (Fig. 477 und 478), bei welcher die einzelnen Früchte Steinfrüchtchen sind. Eine bemerkenswerte Sammelfrucht hat Nelumbium speciosum (Fig. 479), hier bildet

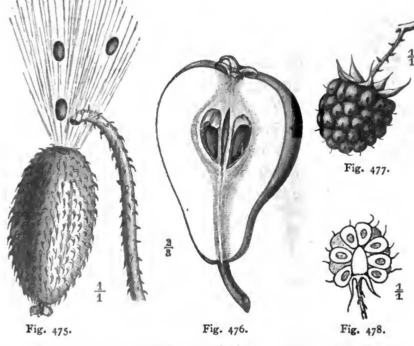


Fig. 475. Momordica Elaterium; Springfrucht im Moment der Explosion, $^1/_1$.
Fig. 476. Pirus communis; Kernobstfrucht im Längsschnitt, $^2/_3$.
Fig. 477. Rubus idaeus; Sammelfrucht, $^1/_1$.
Fig. 478. Derselbe; Sammelfrucht im Längsschnitt, um die einzelnen Steinfrüchtchen zu zeigen, $^1/_1$.

der Blütenboden einen umgekehrten Kegel mit Löchern, in welchen die Samen sitzen.

Werden ausser dem Fruchtknoten noch Teile der Blütenache u. s. w. zur Fruchtbildung herangezogen, so spricht man von Scheinfrüchten, z. B. die Erdbeere Fragaria

vesca (Fig. 480), bei welcher der Fruchtboden einen fleischigen Kegel darstellt, in dessen Oberfläche die

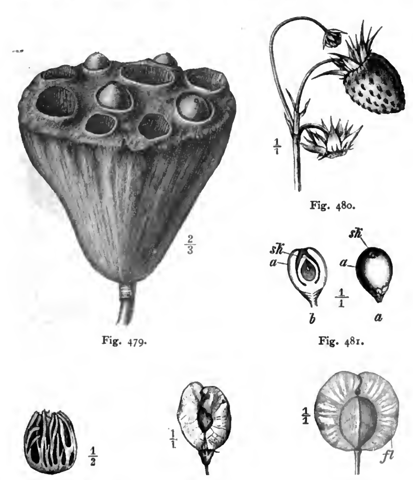


Fig. 479. Fig. 480. Fig. 481. Fig. 482. Fig. 483. Fig. 484.

Fig. 479. Nelumbium speciosum; Sammelfrucht, der Blütenboden bildet den Sammelbehälter, $^2/_3$.
Fig. 480. Fragaria vesca; Scheinfrucht, $^1/_1$.
Fig. 481. Taxus baccata; Frucht mit Arillus, *a)* von aussen, *b)* im Längsschnitt, *a* = Arillus, *sk* = Samenknospe, $^1/_1$.
Fig. 482. Myristica moschata; Same mit Arillus, $^1/_2$.
Fig. 483. Ulmus campestris; Flügelfrucht, $^1/_1$.
Fig. 484. Thlaspi arvense; Frucht mit Flügeln *(fl)*, $^1/_1$.

Früchtchen eingesenkt sind. In gewissem Sinne ist auch die Frucht der Birne und des Apfels eine Scheinfrucht.

Eine eigenartige Bildung ist die eines fleischigen Arillus, z. B. Taxus (Fig. 481), d. h. einer Hülle um den Samen, welche unabhängig von dem Fruchtknoten ist, bei Myristica (Fig. 482) ist dieser Arillus nicht gerade fleischig.

2. Zur Biologie der Frucht.

Die biologische Bedeutung der Früchte ist schon ausgesprochen, sie dienen vor allem der Verbreitung der Samen. Dies geschieht auf folgende Weise:

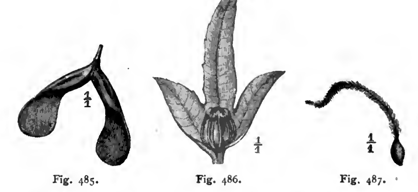


Fig. 485. Fig. 486. Fig. 487.

Fig. 485. Acer Negundo; Flügelfrucht, 1/1.
Fig. 486. Carpinus Betulus; Frucht mit weiterwachsender flügelartiger Kupula, 1/1.
Fig. 487. Clematis integrifolia; Frucht mit haarigem Faden als Flugorgan, 1/1.

1. Sie haben Schleuderwerke (Fig. 466—469, 473 bis 475).

2. Sie werden fleischig und dienen Tieren zur Nahrung, welche die Samen zurücklassen, resp. sie mit den Exkrementen wieder abgeben (Fig. 471, 472, 476—478, 480).

3. Sie besitzen Flugapparate. Oft sind dies flügelartige Auswüchse der Frucht selbst, so z. B. bei Ulmus (Fig. 483), Thlaspi (Fig. 484) und Acer (Fig. 485), oder andere Teile werden später flügelartig, so z. B. bei Carpinus (Fig. 486) die Kupula. — Eine andere Gruppe von Pflanzen besitzt Haarorgane, mittels deren sie sich einige Zeit schwebend erhalten können, bei Clematis (Fig. 487) ist es der fortwachsende Griffel, der später federartig wird,

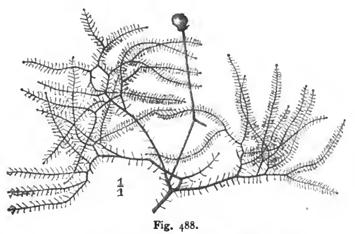


Fig. 488.

Fig. 488. Rhus Cotinus; Teil des Fruchtstandes, eine Frucht mit zahlreichen unfruchtbaren Stielen, die mit feinen Haaren besetzt sind, $^1/_1$.

bei den Kompositen (Fig. 318 und 319) wächst der Kelch zu einer wirksamen Haarkrone aus, bei anderen Pflanzen wird der Kelch nur fallschirmartig (Fig. 317). Sehr eigenartig verhält sich der Perückenstrauch Rhus Cotinus (Fig. 488), hier sind nur wenige Blüten der ausgebreiteten Rispe fruchtbar, die Stiele der anderen bleiben zart und erhalten durch Haare federiges Aussehen, die Rispenäste sind leicht brüchig, ein Windstoss kann sie brechen und einen ganzen Teil der Rispe entführen. — Auch die

Fig. 490. Fig. 491.

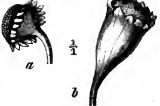


Fig. 492.

Fig. 489. Stipa capillata; *a)* Rispenzweig, $^{1}/_{1}$, *b)* Teil der gedrehten Granne, $^{10}/_{1}$.

Fig. 490. Medicago orbiculata; Hülse von der Fläche gesehen, schneckenförmig und mit Flügelsaum.

Fig. 491. Dieselbe; Hülse von der Seite, $^{1}/_{1}$.

Fig. 492. Cenia subheterocarpa Less.; *a)* blühendes Köpfchen, *b)* aufgeblasener Fruchtboden, auf dem nur noch wenig Früchte sitzen, $^{1}/_{1}$.

Fig. 489.

ausserordentlich langen Grannen des Grases Stipa capillata (Fig. 489) sind als Flugorgan anzusehen.

4. Recht eigenartig verhalten sich einige Medicago-Arten, bei denen die Früchte kugelig oder zusammengedrückt und leicht sind, sodass sie vom Wind über den Boden hingerollt werden (Fig. 490 und 491).

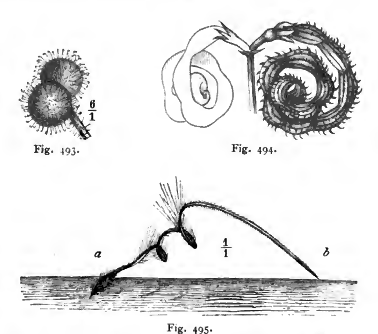


Fig. 493. Galium aparine; Frucht mit Widerhakenhaaren, $^{6}/_{1}$.
Fig. 494. Scorpiurus subvillosa; zwei Früchte auf gemeinsamem Stiel, die eine nur im Umriss angedeutet, $^{1}/_{1}$.
Fig. 495. Erodium ciconium; das Einbohren der Frucht in die Erde (bei *a*), während sie sich bei *b* stützt, $^{1}/_{1}$.

5. Hier sei noch der Eigenart von Cenia subheterocarpa (Fig. 492) gedacht. Der Körbchenboden dieser Komposite ist zur Blütezeit wenig auffallend, mit steigender Fruchtreife jedoch schwillt er blasig an und wölbt sich empor, wodurch die kleinen Früchte abgestreut werden.

6. Eine ganze Reihe von Pflanzen bedient sich wiederum der Tiere als Verbreiter ihrer Früchte, jedoch ohne ihnen dafür zu danken. Die Früchte besitzen dann Borsten, Widerhaken und dergl., womit sie im Fell vorüberstreichender Tiere leicht hängen bleiben, als Beispiele seien angeführt Galium aparine (Fig. 493) und Scorpiurus (Fig. 494).

Eine andere biologische Eigentümlichkeit mancher Früchte bezweckt sie in die Erde zu bohren oder sie in

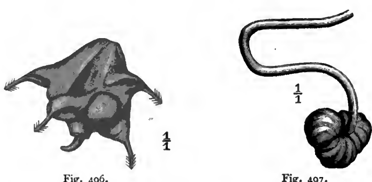


Fig. 496. Fig. 497.

Fig. 496. Trapa natans; Frucht mit Ankerfortsätzen, $^1/_1$.
Fig. 497. Tropaeolum majus; Frucht mit rankendem Stiel, $^1/_1$.

ihr festzuhalten. Bekannt ist das Beispiel von Erodium mit seinen hygroskopischen Fruchtschnäbeln, die sich durch wechselnde Ausdehnung und Zusammenziehung allmählich in die Erde einbohren (Fig. 495). Die Früchte von Trapa natans (Fig. 496) besitzen Fortsätze mit Widerhaken, mit denen sie sich im Schlamm festhalten.. Besonders eigenartig jedoch sind die sogenannten geokarpen Früchte. Man beobachtet vielfach, dass die Pflanzen ihre befruchteten Blüten und werdenden Früchte vom Licht abkehren, dahin gehört es auch, wenn sich an dem

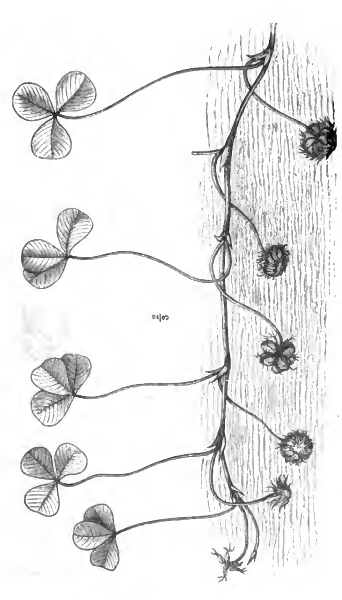


Fig. 498. Trifolium subterraneum; das Festankern der Früchte im Boden, $^{2}/_{3}$.

Köpfchen von Trifolium (Fig. 284) die befruchteten Blüten einfach senken, andere Pflanzen wenden ihren ganzen Fruchtstiel der Erde zu, z. B. Tropaeolum (Fig. 497), aber die echt geokarpen Pflanzen führen ihre Früchte ganz zum Boden,

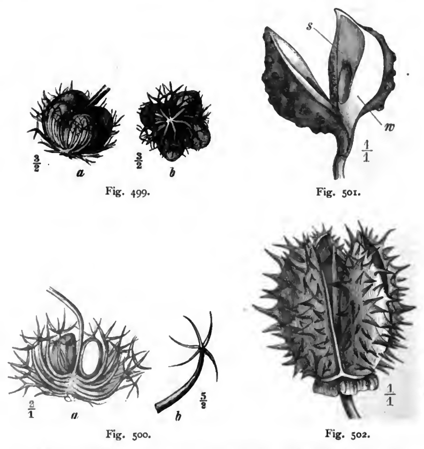


Fig. 499. Fig. 501.

Fig. 500. Fig. 502.

Fig. 499. Trifolinm subterraneum; einzelner Fruchtstand, *a)* von der Seite, *b)* von unten, $^3/_2$.

Fig. 500. Dasselbe; *a)* Fruchtstand im Längsschnitt, eine Frucht durchschnitten mit den umgebenden Ankern, $^2/_1$, *b)* einzelner Anker (unfruchtbare Blüte), $^5/_2$.

Fig. 501. Hakea saligna; sehr dickwandige aufgesprnngene Frucht, *w* = Fruchtwand, *s* = Flügelsamen, der in der Grube der Fruchtwand ruht, $^1/_1$.

Fig. 502. Datura Stramonium; Frucht, aufgesprungen mit Stacheln, $^1/_1$.

ein Beispiel liefert Trifolium subterraneum (Fig. 498 bis 500), hier sind nur vier Blüten fruchtbar gewesen und haben angesetzt, die anderen sind zu ankerförmigen Haftorganen umgewandelt, mit denen die Früchte sich in der Erde festhalten.

Vielfach liegt natürlich die biologische Bedeutung der Frucht auch darin, den Samen energisch zu schützen, das geschieht oft durch sehr bedeutende Härte und auch Dicke der Fruchtwand, z. B. bei Hakea saligna (Fig. 501), oder auch durch Stacheln wie bei Datura Stramonium (Fig. 502). Dass die oben erwähnten Senkungserscheinungen auch zum Schutz dienen, liegt auf der Hand.

VII.

Der Samen.

1. Der Bau des Samens.

Der typische Samen, das eigentliche Vermehrungsorgan der höheren Pflanzen, das Endergebnis der Befruchtung, besitzt eine Schale, die ihn schützt. Sie geht hervor aus den Integumenten der Samenknospe, zuweilen nimmt auch der Knospenkern noch an der Bildung teil; die Stelle, an welcher der Funikulus angeheftet war, ist gewöhnlich noch deutlich, der sogenannte Nabel.

Der Keimling, als der wichtigste Teil des Samens, geht, wie oben erörtert, aus der Eizelle hervor, der Rest des Embryosacks dagegen bildet ein besonderes Nährgewebe, das Stärke, Öl und Eiweisstoffe als Reservenährstoffe enthält, es wird Endosperm oder Sameneiweiss genannt und hat die Bestimmung, die junge Pflanze zu ernähren, bis sie sich selbst zu ernähren imstande ist, d. h. also bis sie bei der Keimung grüne Blätter bekommen hat. Zuweilen wird dieses Gewebe noch vermehrt durch

ein ähnliches, das aus dem Knospenkerngewebe hervorgeht und Perisperm heisst. Allein nicht immer ist ein derartiges Nährgewebe in dem reifen Samen vorhanden, da es zum Teil schon bei der Ausbildung des Keimlings verbraucht, aufgesogen wird, was mit dem Knospenkerngewebe gewöhnlich geschieht. Nach dem Vorhandensein oder Fehlen des Endosperms unterscheidet man die Samen als eiweisshaltig (Fig. 503) und eiweisslos (Fig. 504, 442). Das Eiweiss ist gewöhnlich fleischig oder hornig, es kann

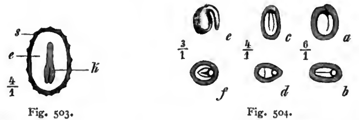


Fig. 503. Fig. 504.

Fig. 503. Lobelia inflata; Längsschnitt durch den eiweisshaltigen Samen, *s* = Samenschale, *e* = Sameneiweiss, *k* = Keimling, $^4/_1$.

Fig. 504. Typen der Cruciferensamen; *a)* und *b)* Cochearia officinalis längs und quer durchschnitten, $^6/_1$; *c)* und *d)* Sisymbrium officinale längs und quer, $^4/_1$; *e)* und *f)* Raphanus Raphanistrum, *e* = losgelöster Keimling, *f* = Same quer durchschnitten, $^3/_1$.

aber auch anderseits ölig, milchig oder mehlig sein. Ist kein Endosperm vorhanden, so tritt biologisch an seine Stelle das Gewebe der in diesem Fall dickfleischigen Kotyledonen.

Der Keimling oder Embryo hat ein Knöspchen, ein Würzelchen und ein bis mehrere Samenlappen oder Kotyledonen. Die Lage, die er im Endosperm einnimmt, kann verschieden sein: bei den Gräsern liegt er an der Seite des Endosperms, sonst kann er noch alle möglichen Lagen einnehmen bis zu den beiden Extremen, dass er in der

Mitte des ihn allseitig umgebenden Endosperms liegt oder dass er umgekehrt das Endosperm umgiebt.

Der Keimling ist ferner so orientiert, dass sein Würzelchen stets nach der Mikropyle zu liegt.

Verhältnismässig selten ist der Keimling ganz gerade, gewöhnlich ist er gekrümmt, darnach kann er dann die mannigfachsten Formen annehmen, wie das schon allein die in der Familie der Cruciferen vorkommenden verschiedenen Typen zeigen (Fig. 504). Besonders auch die Samenlappen können Krümmungen und Faltungen besitzen.

Bezüglich der Ausbildung der Samenlappen muss auf die oben gegebene Darstellung verwiesen werden. Hier sei nur gesagt, dass sie in Einzahl (Monokotylen), Zweizahl (Dikotylen) und Mehrzahl (einige Gymnospermen) vorkommen, doch deckt sich dies Vorkommen nicht ganz mit jenen grossen Abteilungen. Sie sind fleischig oder mehr blattartig und ihre Gestalt ist meistens einfach. Das Würzelchen ist ein kegelförmiges Zäpfchen an der Ansatzstelle der Samenlappen, im Grunde genommen aber nur die Spitze des Zöpfchens; denn der unmittelbar unter den Samenlappen gelegene Teil, welcher sich bei der Keimung meistens streckt, heisst das hypokotyle Glied und ist die Achse des Keimlings.

Das Knöspchen oder Federchen (die Plumula) bildet das obere Ende der Keimlingsachse, es liegt zwischen den Samenlappen und lässt neben dem Vegetationspunkt schon einige mehr oder weniger entwickelte Blättchen erkennen.

Ungegliedert ist der Keimling bei den Orchideen und einigen Schmarotzern, z. B. bei den Cuscuta-Arten.

2. Zur Biologie des Samens.

Verbreitungs- und Schutzvorrichtungen haben die Samen natürlich sehr nötig. Sie gehen meist von anderen Organen aus. So ist ja die Fruchtwand mit ihren mannigfachen Einrichtungen nur für die Samen und deren Schutz vorhanden.

Wir gedenken hier nur noch dessen, dass Samen, welche die Frucht schon frühzeitig verlassen, d. h. also besonders die Samen der Saftfrüchte und Springfrüchte, genötigt sind für sich selbst zu sorgen. Es ist bemerkens-



Fig. 505. Fig. 506.

Fig. 505. Nigella orientalis; geflügelter Samen, $^2/_1$.
Fig. 506. Epilobium angustifolium; Samen mit Haarschopf, $^8/_1$.

wert, dass diese Samen dann gewöhnlich eine besonders feste und starke Schale besitzen, z. B. bei den Stein- und Beerenfrüchten, das ist auch namentlich dann der Fall, wenn die Samen samt dem Fruchtfleisch von den betreffenden Tieren verschluckt werden und den für sie gefahrvollen Weg des tierischen Verdauungsapparats zu durchwandern haben. Ihre feste Samenschale gestattet ihnen dann das Ende desselben ungefährdet zu erreichen.

Erscheint für die Samen eine Weiterverbreitung wünschenswert, ist für sie aber durch die Frucht noch nicht genügend gesorgt, so besitzen auch die Samen selbst

Flugvorrichtungen, so haben die Samen von Hakea (Fig. 501) und von Nigella z. B. flügelartige Erweiterungen (Fig. 505) und die von Epilobium (Fig. 506) und vielen anderen Pflanzen besitzen einen Haarschopf.

3. Zur Entwicklung von Frucht und Samen.

Die Entwicklung des Fruchtknotens zur Frucht ist selbstverständlich an anatomische Veränderungen gebunden und ist daher auch mehr Gegenstand der Anatomie.

Wenn sich der Fruchtknoten zu einer hartschaligen Schliessfrucht ausbildet, so werden sich, abgesehen von der stets eintretenden Vermehrung der Zellen der Fruchtknotenwand durch Teilung, bestimmte Zellen in mechanisch wirksame Elemente verwandeln, also besonders in dickwandige Steinzellen. Soll die Frucht später aufspringen, so wird auch dieser Zweck vorgesehen durch Bildung von Zellen mit elastischen Wänden. Wird die Frucht fleischig, so beginnt in den betreffenden Teilen, sei es nun Fruchtknotenwand oder Fruchtboden, eine gewaltige Vermehrung der dünnwandigen Parenchymzellen, verbunden mit einer starken Ansammlung von Wasser und den mannigfachen chemischen Stoffen, durch welche die betreffenden Früchte ausgezeichnet sind.

Von der allgemeinen Entwicklung der Samenknospe zum Samen ist nach dem oben Gesagten nicht mehr viel hinzuzufügen. Es ist ja schon gesagt, dass die Integumente und oft auch ein Teil des Knospenkerns zur Samenschale werden, wobei natürlich auch anatomische Veränderungen eintreten, die den biologischen Eigentümlichkeiten des betreffenden Samens entsprechen. Ebenso ist auch schon

gesagt worden, dass das Sameneiweiss aus dem Embryosack, z. T. auch aus dem Gewebe des Knospenkerns entsteht. Es bleibt nun also noch, und das ist ja allerdings am Samen das wichtigste, die Entstehung des Keimlings zu erörtern.

Hierbei stösst man jedoch auf eine Schwierigkeit, insofern sich eine allgemeine Regel kaum aufstellen lässt, die verschiedenen Pflanzen vielmehr vielfach ihre Sonderwege gehen. Um eine Anschauung davon zu erhalten, kann man also höchstens Einzelbeispiele geben, und dafür sind immer noch die besten die von Hanstein gelieferten. Bei Capsella entsteht aus der befruchteten Eizelle zunächst eine Zellreihe, der den Verhältnissen der Sporenpflanzen entsprechend bezeichnete Vorkeim, ihre Endzelle ist die Mutterzelle des Keimlings, der Rest wird als Embryoträger bezeichnet. Die Endzelle bildet zuerst durch bestimmte Teilungen eine Kugel, an der man drei Gewebeschichten unterscheiden kann, die äussere ist das Dermatogen, die mittlere das Periblem und die innere das Plerom (s. oben bei Schilderung des Vegetationspunktes S. 132 und der Wurzel S. 32); diese Kugel wird oben allgemach flach und sodann entstehen hier zwei Hervorwölbungen, aus denen die Kotyledonen werden, zwischen denselben entsteht später am Scheitel der Stammvegetationspunkt, am entgegengesetzten Ende gleichzeitig die Anlage des Wurzelkörpers.

Dass bei den Monokotylen, als deren Typus Hanstein Alisma Plantago beschreibt, die Entstehung des Keimlings eine andere sein muss, liegt schon in der Einzahl der Samenlappen begründet; der einzige Samenlappen entsteht hier am Scheitel und der Stammvegetationspunkt seitlich. Ausserdem

lässt sich das Dermatogen erst später erkennen. Haben Dikotylen einen Samenlappen (z. B. Carum Bulbocastanum), so beruht dies auf Verkümmerung eines der beiden Samenappen und nicht etwa darauf, dass in diesem Fall nur ein scheitelständiger Samenlappen angelegt wird. Anderseits giebt es aber Monokotylen mit seitlicher Samenlappenanlage.

Im einzelnen lassen sich von dem eben Gesagten manche Abweichungen feststellen, sogar ganz nahe verwandte Formen zeigen keine Gleichmässigkeit in der Ausbildung des Keimlings, sodass Hansteins Anschauung von der Allgemeingültigkeit seiner Typen unrichtig ist und es sich denken lässt, dass bis zur Erschöpfung dieser wichtigen Frage noch viele eingehende Einzeluntersuchungen gemacht werden müssen.

Die Keimlingsentwicklung der Gymnospermen ist etwas anders. Bei Picea vulgaris u. a. bilden sich im untern Ende der Zentralzelle (s. oben) vier nebeneinander liegende Zellreihen, die zusammen drei übereinander liegende Etagen bilden, von diesen streckt sich die mittlere zu dem aus vier Schläuchen bestehenden Embryoträger (welcher den entstehenden Keimling in das Prothalliumgewebe drängt), während aus der unteren der Keimling entsteht; an ihm erkennt man erst später die wirtelig stehenden Samenlappen, zwischen denen der Vegetationspunkt liegt, am entgegengesetzten Ende entsteht endogen die Wurzel. — Bei manchen Pinus-Arten bleiben jene Zellreihen nicht im Zusammenhang, sondern jede erzeugt für sich am unteren Ende einen Keimling.

VIII.

Die Anhangsgebilde.

Zum Schluss gedenken wir hier noch kurz jener Gebilde, welche sich an allen Organen der Pflanze finden können und die man nicht als besondere Organe betrachten kann, nämlich die Haare oder Trichome und ähnliche Bildungen. Es ist nicht ganz leicht, eine völlig zutreffende Erklärung derselben zu geben, von irgend einem Gesichtspunkt aus lässt sich immer etwas dagegen einwenden.

Wir wollen sie für diejenigen zumeist der Oberhaut oder den ihr nächstliegenden Zellschichten angehörenden Gebilde erklären, welche sich ohne bestimmte Anordnung an anderen Hauptorganen, gewöhnlich n a c h deren Anlage, bilden. Darnach sind natürlich alle jene Gebilde von den Trichomen auszuschliessen, welche, wie es oben schon erörtert wurde, aus morphologisch anderwertigen Organen durch Metamorphose entstehen, d. h. also die Dornen und Ranken. Entstehen die Anhangsgebilde nur aus der Oberhaut, so hat man sie mit dem Ausdruck Trichom im engeren Sinne bezeichnet, nehmen auch

darunterliegende Schichten daran teil, so nannte man sie Emergenzen. Letztere zeigen auch wohl ab und zu Endigungen von Gefässbündeln.

Die Mannigfaltigkeit der Haarbildungen können wir nur streifen. Die einfachsten sind diejenigen, welche lediglich eine Vorwölbung der Oberhaut darstellen, eine verlängerte Epidermiszelle, wie es z. B. bei den Papillen mancher Blumenblätter der Fall ist, solche Blumenblätter haben dann eine samtartige Beschaffenheit. Gliedert sich das fadenförmige Haar von seiner Ursprungszelle in der Oberhaut ab, so erlangt es schon eine grössere Selbständigkeit, solche einfachen Haare sind sehr weit verbreitet. Durch Teilung der ursprünglich einfachen Zelle werden sie zu zusammengesetzteren Gebilden, und dies noch mehr, indem sie sich geweihartig, baumartig, oder sternartig verzweigen. Nicht selten ist die Endzelle des Haares knopfförmig und scheidet dann Harze oder ätherische Öle ab (Drüsenhaare). Zur Bildung der Haare können aber auch noch die benachbarten Oberhaut- und Rindenparenchymzellen beitragen, indem sie sich teilen und die Basis des Haares, die dann oft zwiebelartig verdickt ist, wie ein Hügel oder als Fuss umgeben (Urtica, Brennhaar). Wollige Haare, die häufig sind, behalten eine zarte und unveränderte Wand, andere erleiden Einlagerungen von Kalk und besonders Kieselsäure und werden dadurch starr und spröde.

Eine scharfe Grenze zwischen den Haaren und Emergenzen giebt es nicht, die Stacheln z. B. sind nicht immer als Emergenzen im obigen Sinne zu betrachten: die Stacheln von Rubus idaeus sind Epidermisbildungen, die von Rosa pimpinellifolia gehen auch von tieferen

Schichten aus. Auch die Gestalt der Emergenzen kann eine mannigfache sein, sie sind z. B. stachelig mit mehr oder weniger starker hakiger Krümmung (Rosen und Stachelbeeren), oder warzenförmig wie auf dem Fruchtknoten mancher Wolfsmilcharten, oder drüsig (Fanghaare von Drosera) u. s. w.

Die biologische Bedeutung der Haarbildungen kann ihren Formen entsprechend eine sehr verschiedenartige sein. In erster Linie sind sie Schutzmittel für das Organ, das sie bekleiden. Dahin gehören z. B. die Wollhaare, welche junge Knospen und Blätter einhüllen und nur so lange andauern, als der Schutz nötig ist, dann aber schwinden, desgleichen auch die dauerhafteren Haare anderer Pflanzen; der Schutz, den sie gewähren, ist ein gar vielseitiger: sie schützen vor zu starker Kältewirkung des Nachts und vor zu starker Sonnenwirkung, d. h. Transpiration am Tage, vor der Feuchtigkeit des Regens und vor Tierfrass, alle diese Funktionen kann ein und dieselbe Art Haar an derselben Pflanze übernehmen. Bemerkenswert ist, dass Wasserpflanzen kahl sind, Pflanzen an trockenen Standorten dagegen oft eine dichte Haarhülle besitzen, welche die zu starke Transpiration verhindert. Einen ähnlichen mehrfachen Zweck haben die Drüsenhaare, welche ätherische Öle absondern. Die sogenannten Leimzotten (z. B. von Aesculus), welche ein aus Harz und Gummischleim bestehendes Sekret haben, dienen offenbar als Schutz der Knospe gegen Feuchtigkeit und Insekten.

Schutz gegen Tiere gewähren auch die Brennhaare, welche eine spröde Spitze besitzen, die leicht abbricht,

aus derselben dringt dann in die Wunde ein Tröpfchen des Inhalts (ein Ferment und Ameisensäure), der ein empfindliches Brennen und Jucken bewirkt. Desgleichen sind die Stacheln ein Schutz gegen grössere Tiere.

Die gestielten Drüsenhaare von Drosera dienen zum Fangen und Festhalten der Insekten und andere Haare auf den Blättern der Drosera und Dionaea sondern eine Verdauungsflüssigkeit ab.

Eine ganz besondere und wichtige Aufgabe haben die Haare an den Wurzeln, sie stellen lange Schläuche dar und saugen das Wasser aus dem Boden auf.

Beispiele für die Form und die Funktion der Anhangsgebilde finden sich oben vielfach.

Entstehungsort der Haargebilde kann jedes Organ der Pflanze sein, besonders aber Stengel und Blatt; im allgemeinen lässt sich für die Zeitfolge ihrer Entstehung, d. h. also für ihre Anordnung, keine besondere Regel aufstellen, sie entstehen gewöhnlich regellos. Meistens entstehen sie auch nach Anlage der Blätter am Vegetationspunkt, anderseits schützen sie ja, wie gesagt, besonders die jungen Blätter und gehen nach deren Entfaltung zu Grunde, sie sind also gewöhnlich hinfälliger Natur. Die Entstehungsart der Haargebilde ist sehr einfach und lässt sich oft direkt aus dem fertigen Gebilde schliessen, ist auch oben schon genügend angedeutet.

Sach- und Namenregister.

(Das * hinter der Seitenzahl weist auf eine Figur hin.)

Berichtigungen.

Seite	15	lies	Zeile	11	von	unten	60	statt	61
„	33	„	„	13	„	„	die	„	der
„	35	„	„	1	„	„	240	„	239
„	60	„	„	1	„	oben	6	„	1
„	76	„	„	6	„	„	paarig statt unpaarig		
„	105	„	„	7	„	„	gefingerten statt gefiederten		
„	145	gehört die Figurenbezeichnung Zeile 4 von unten hinter einhäusig Zeile 8 von unten.							
„	160	lies	Zeile	6	von	unten	Aroideen	statt	Anoideen
„	160	„	„	8	„	„	Nidularia	„	Nidularium
„	165	füge Zeile 1 von unten hinter Kompositen ein „und Lobeliaceen“							
„	174	lies	Zeile	12	von	unten	basilär	statt	basilis
„	238	„	„	10	„	„	Zäpfchens statt Zöpfchens.		

Druck von J. J. Weber in Leipzig.

Verlag von J. J. Weber in Leipzig.

Webers Illustrierte Katechismen

Belehrungen aus dem Gebiete der Wissenschaften, Künste und Gewerbe 2c.

In Originalleinenbänden.

Ackerbau, praktischer. Von Wilhelm Hamm. Dritte Auflage, gänzlich umgearbeitet von A. G. Schmitter. Mit 138 Abbildungen. 1890. 3 Mark.

Agrikulturchemie. Von Dr. E. Wildt. Sechste Auflage. Mit 41 Abbildungen. 1884. 3 Mark.

Alabasterschlägerei s. Liebhaberkünste.

Algebra, oder die Grundlehren der allgemeinen Arithmetik. Vierte Auflage, vollständig neu bearbeitet von Richard Schurig. 1895. 3 Mark.

Altersversicherung s. Invaliditätsversicherung.

Anstandslehre s. Ton, der gute.

Appretur s. Spinnerei.

Arbeiterversicherung s. Alters-, Invaliditäts-, Kranken- bez. Unfallversicherung.

Archäologie. Uebersicht über die Entwickelung der Kunst bei den Völkern des Altertums von Dr. Ernst Kroker. Mit 3 Tafeln und 127 Abbildungen. 1888. 3 Mark.

Archivkunde s. Registratur.

Arithmetik. Kurzgefaßtes Lehrbuch der Rechenkunst für Lehrende und Lernende von E. Schick. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Max Meyer. 1889. 3 Mark.

Aesthetik. Belehrungen über die Wissenschaft vom Schönen und der Kunst von Robert Prölß. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1889. 3 Mark.

Astronomie. Belehrungen über den gestirnten Himmel, die Erde und den Kalender von Dr. Hermann J. Klein. Achte, vielfach verbesserte Auflage. Mit einer Sternkarte und 163 Abbildungen. 1893. 3 Mark.

Aetzen s. Liebhaberkünste.

Aufsatz, schriftlicher, s. Stilistik.

Auge, das, und seine Pflege im gesunden und kranken Zustande. Nebst einer Anweisung über Brillen. Dritte Auflage, bearbeitet von Dr. med. Paul Schröter. Mit 24 Abbildungen. 1887. 2 Mark 50 Pf.

Auswanderung. Kompaß für Auswanderer nach europäischen Ländern, Asien, Afrika, den deutschen Kolonien, Australien, Süd- und Zentralamerika, Mexiko, den Vereinigten Staaten von Amerika und Kanada. Siebente Auflage. Vollständig neu bearbeitet von Gustav Meinecke. Mit 4 Karten und einer Abbildung. 1896. 2 Mark 50 Pf.

Bäder s. Mineralbrunnen u. s. w.

Bakterien von Dr. W. Migula. Mit 30 Abbildungen. 1891. 3 Mark.

Baukonstruktionslehre. Mit besonderer Berücksichtigung von Reparaturen und Umbauten. Von W. Lange. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 479 Abbildungen und 3 Tafeln. 1898. 4 Mark 50 Pf.

Bauschlosserei s. Schlosserei II.

Baustile, oder Lehre der architektonischen Stilarten von den ältesten Zeiten bis auf die Gegenwart von Dr. Ed. Freiherrn von Sacken. Dreizehnte Auflage. Mit 103 Abbildungen. 1898. 2 Mark.

Baustofflehre. Von Walther Lange. Mit 162 Abbildungen. 1898. 3 Mark 50 Pf.

Beleuchtung s. Heizung.

Bergbaukunde. Von G. Köhler. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 224 Abbildungen. 1898. 4 Mark.

Bergsteigen. — Katechismus für Bergsteiger, Gebirgstouristen und Alpenreisende von Julius Meurer. Mit 22 Abbildungen. 1892. 3 Mark.

Bewegungsspiele für die deutsche Jugend. Von J. C. Lion und J. H. Wortmann. Mit 29 Abbildungen. 1891. 2 Mark.

Bibliothekslehre mit bibliographischen und erläuternden Anmerkungen. Neubearbeitung von Dr. Julius Petzholdts Katechismus der Bibliothekenlehre von Dr. Arnim Gräsel. Mit 33 Abbildungen und 11 Schrifttafeln. 1890. 4 Mark 50 Pf.

Bienenkunde und Bienenzucht. Von G. Kirsten. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage, herausgegeben von J. Kirsten. Mit 51 Abbildungen. 1887. 2 Mark.

Bierbrauerei. Hilfsbüchlein für Brauereipraktiker und Studierende von M. Krandauer. Mit 42 Abbildungen. 1898. 4 Mark.

Bildhauerei für den kunstliebenden Laien. Von Rudolf Maison. Mit 63 Abbildungen. 1894. 3 Mark.

Bleicherei s. Wäscherei ꝛc.

Bleichsucht s. Blutarmut.

Blumenzucht s. Ziergärtnerei.

Blutarmut und Bleichsucht. Von Dr. med. Herm. Peters. Zweite Auflage. Mit zwei Tafeln kolorierter Abbildungen. 1885. 1 Mark 50 Pf.

Blutgefäße s. Herz.

Blutvergiftung s. Infektionskrankheiten.

Börsen- und Bankwesen. Auf Grund der Bestimmungen des neuen Börsen- und Depotgesetzes bearbeitet von Georg Schweitzer. 1897. 2 Mark 50 Pf.

Bossieren s. Liebhaberkünste.

Botanik, allgemeine. Zweite Auflage. Vollständig neu bearbeitet von Dr. E. Dennert. Mit 260 Abbildungen. 1897. 4 Mark.

Botanik, landwirtschaftliche. Von Karl Müller. Zweite Auflage, vollständig umgearbeitet von R. Herrmann. Mit 4 Tafeln und 48 Abbildungen. 1876. 2 Mark.

Brandmalerei s. Liebhaberkünste.

Briefmarkenkunde und Briefmarkensammelwesen. Von V. Suppantschitsch. Mit 1 Porträt und 7 Textabbildungen. 1895. 3 Mark.

Bronzemalerei s. Liebhaberkünste.

Buchbinderei. Von Hans Bauer. Mit 97 Abbildungen. 1899. 4 Mark.

Buchdruckerkunst. Von A. Waldow. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 43 Abbildungen und Tafeln. 1894. 2 Mark 50 Pf.

Buchführung, kaufmännische. Von Oskar Klemich. Fünfte, durchgesehene Auflage. Mit 7 Abbildungen und 3 Wechselformularen. 1895. 2 Mark 50 Pf.

Buchführung, landwirtschaftliche. Von Prof. Dr. K. Birnbaum. 1879. 2 Mark.

Bürgerliches Gesetzbuch s. Gesetzbuch.

Chemie. Von Prof. Dr. H. Hirzel. Siebente, vermehrte Auflage. Mit 35 Abbildungen. 1894. 4 Mark.

Chemikalienkunde. Eine kurze Beschreibung der wichtigsten Chemikalien des Handels. Von Dr. G. Heppe. 1880. 2 Mark.

Cholera s. Infektionskrankheiten.

Chronologie. Mit Beschreibung von 33 Kalendern verschiedener Völker und Zeiten von Dr. Adolf Drechsler. Dritte, verbesserte und sehr vermehrte Auflage. 1881. 1 Mark 50 Pf.

Citatenlexikon. Sammlung von Citaten, Sprichwörtern, sprichwörtlichen Redensarten und Sentenzen von Daniel Sanders. Mit dem Bildnis des Verfassers. 1898. Einfach gebunden 6 Mark, in Geschenkeinband 7 Mark.

Correspondance commerciale par J. Forest. D'après l'ouvrage de même nom en langue allemande par C. F. Findelsen. 1895. 3 Mark 50 Pf.

Dampfkessel, Dampfmaschinen und andere Wärmemotoren. Ein Lehr- und Nachschlagebuch für Praktiker, Techniker und Industrielle von Th. Schwartze. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 268 Abbildungen und 13 Tafeln. 1897. 4 Mark 50 Pf.

Darmerkrankungen s. Magen u. s. w.

Darwinismus. Von Dr. Otto Zacharias. Mit dem Porträt Darwins, 30 Abbildungen und 1 Tafel. 1892. 2 Mark 50 Pf.

Delftermalerei s. Liebhaberkünste.

Differential- und Integralrechnung. Von Franz Bendt. Mit 39 Figuren. 1896 3 Mark.

Diphtherie s. Infektionskrankheiten.

Dogmatik. Von Prof. Dr. Georg Runze. 1897. 4 Mark.

Drainierung und Entwässerung des Bodens. Von Dr. William Löbe. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 92 Abbildungen. 1881. 2 Mark.

Dramaturgie. Von Robert Prölß. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1899. 4 Mark.

Droguenkunde. Von Dr. G. Heppe. Mit 30 Abbildungen. 1879. 2 Mark 50 Pf.

Dysenterie s. Infektionskrankheiten.

Einjährig-Freiwillige. — Der Weg zum Einjährig-Freiwilligen und zum Offizier des Beurlaubtenstandes in Armee und Marine. Von Oberstleutnant z. D. Moritz Exner. Zweite Auflage. 1897. 2 Mark.

Eissegeln und **Eisspiele** s. Wintersport.

Elektrochemie. Von Dr. Walther Löb. Mit 43 Abbildungen. 1897. 3 Mark.

Elektrotechnik. Ein Lehrbuch für Praktiker, Techniker und Industrielle von Th. Schwartze. Sechste, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 256 Abbildungen. 1896. 4 Mark 50 Pf.

Entwässerung s. Drainierung.

Ethik. Von Friedrich Kirchner. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. 1898. 3 Mark.

Fahrkunst. Gründliche Unterweisung für Equipagenbesitzer und Kutscher über rationelle Behandlung und Dressur des Wagenpferdes, Anspannung und Fahren. Von Friedrich Hamelmann. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 21 Abbildungen. 1885. 4 Mark 50 Pf.

Familienhäuser für Stadt und Land als Fortsetzung von „Villen und kleine Familienhäuser". Von G. Aster. Mit 110 Abbildungen von Wohngebäuden nebst dazugehörigen Grundrissen und 6 in den Text gedruckten Figuren. 1898. 5 Mark.
—— s. auch Villen.

Farbenlehre. Von Ernst Berger. Mit 40 Abbildungen und 8 Farbentafeln. 1898. 4 Mark 50 Pf.

Färberei und Zeugdruck. Von Dr. Hermann Grothe. Zweite, vollständig neu bearbeitete Auflage. Mit 78 Abbildungen. 1885. 2 Mark 50 Pf.

Farbwarenkunde. Von Dr. G. Heppe. 1881. 2 Mark.

Feldmeßkunst. Von Dr. C. Pietsch. Sechste Auflage. Mit 75 in den Text gedruckten Abbildungen. 1897. 1 Mark 80 Pf.

Feuerlösch- und Feuerwehrwesen von Rudolf Fried. Mit 217 Abbildungen. 1899. 4 Mark 50 Pf.

Feuerwerkerei s. Lustfeuerwerkerei.
Fieber s. Infektionskrankheiten.
Finanzwissenschaft. Von Alois Bischof. Sechste, verbesserte Auflage. 1898. 2 Mark.
Fischzucht, künstliche, und Teichwirtschaft. Wirtschaftslehre der zahmen Fischerei von E. A. Schroeder. Mit 52 Abbildungen. 1889. 2 Mark 50 Pf.
Flachsbau und Flachsbereitung. Von R. Sonntag. Mit 12 Abbildungen. 1872. 1 Mark 50 Pf.
Flecktyphus s. Infektionskrankheiten.
Flöte und Flötenspiel. Ein Lehrbuch für Flötenbläser von Maximilian Schwedler. Mit 22 Abbildungen und vielen Notenbeispielen. 1897. 2 Mark 50 Pf.
Forstbotanik. Von H. Fischbach. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 79 Abbildungen. 1894. 2 Mark 50 Pf.
Frau, das Buch der jungen. Von Dr. med. H. Burckhardt. Fünfte, verbesserte Auflage. 1899. 2 Mark 50 Pf.
Frauenkrankheiten, ihre Entstehung und Verhütung. Von Dr. med. Wilhelm Huber. Vierte Auflage. Mit 40 Abbildungen. 1895. 4 Mark.
Freimaurerei. Von Dr. Willem Smitt. Zweite, verbesserte Auflage. 1899. 2 Mark.
Fuß s. Hand.
Galvanoplastik und Galvanostegie. Ein Handbuch für das Selbststudium und den Gebrauch in der Werkstatt von G. Seelhorst. Dritte, durchgesehene und vermehrte Auflage von Dr. G. Langbein. Mit 43 Abbildungen. 1888. 2 Mark.
Gartenbau s. Nutz-, Zier-, Zimmergärtnerei, Rosenzucht und Obstverwertung.
Gebärdensprache s. Mimik.
Gedächtniskunst oder Mnemotechnik. Von Hermann Kothe. Achte, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Dr. G. Pietsch. 1897. 1 Mark 50 Pf.
Geflügelzucht. Ein Merkbüchlein für Liebhaber, Züchter und Aussteller schönen Rassegeflügels von Bruno Dürigen. Mit 40 Abbildungen und 7 Tafeln. 1890. 4 Mark.
Geisteskrankheiten. Geschildert für gebildete Laien von Dr. med. Theobald Günz. 1890. 2 Mark 50 Pf.
Geldschrankbau s. Schlosserei I.
Gemäldekunde. Von Dr. Th. v. Frimmel. Mit 28 Abbildungen. 1894. 3 Mark 50 Pf.
Gemüsebau s. Nutzgärtnerei.
Genickstarre s. Infektionskrankheiten.
Geographie. Von Karl Arenz. Fünfte Auflage, gänzlich umgearbeitet von Prof. Dr. Fr. Traumüller und Dr. O. Hahn. Mit 69 Abbildungen. 1899. 3 Mark 50 Pf.
Geographie, mathematische. Zweite Auflage, umgearbeitet und verbessert von Dr. Hermann J. Klein. Mit 113 Abbildungen. 1894. 2 Mark 50 Pf.
Geographische Verbreitung der Tiere s. Tiere u. s. w.
Geologie. Von Dr. Hippolyt Haas. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 157 Abbildungen und 1 Tafel. 1898. 3 Mark.
Geometrie, analytische. Von Dr. Max Friedrich. Mit 56 Abbildungen. 1884. 2 Mark 40 Pf.
Geometrie, ebene und räumliche. Von Prof. Dr. K. Ed. Zetzsche. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 223 Abbildungen und 2 Tabellen. 1892. 3 Mark.
Gesangskunst. Von F. Sieber. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit vielen Notenbeispielen. 1894. 2 Mark 50 Pf.
Geschichte, allgemeine, s. Weltgeschichte.

Geschichte, deutsche. Von Wilhelm Kentzler. 1879. Kartoniert 2 Mark 50 Pf.
Gesetzbuch, Bürgerliches, nebst Einführungsgesetz. Textausgabe mit Sachregister. 1896. 2 Mark 50 Pf.
Gesetzgebung des Deutschen Reiches s. Reich, das Deutsche.
Gesundheitslehre, naturgemäße, auf physiologischer Grundlage. Siebzehn Vorträge von Dr. Fr. Scholz. Mit 7 Abbildungen. 1884. 3 Mark 50 Pf.
Gicht und Rheumatismus. Von Dr. med. Arnold Pagenstecher. Dritte, umgearbeitete Auflage. Mit 12 Abbildungen. 1889. 2 Mark.
Girowesen. Von Karl Berger. Mit 21 Formularen. 1881. 2 Mark.
Glasmalerei s. Porzellanmalerei und Liebhaberkünste.
Glasradieren s. Liebhaberkünste.
Gobelinmalerei s. Liebhaberkünste.
Gravieren s. Liebhaberkünste.
Haare s. Haut.
Hand und Fuß. Ihre Pflege, ihre Krankheiten und deren Verhütung nebst Heilung von Dr. med. J. Albu. Mit 30 Abbildungen. 1895. 2 Mark 50 Pf.
Handelsgesetzbuch für das Deutsche Reich nebst Einführungsgesetz. Textausgabe mit Sachregister. 1897. 2 Mark.
Handelsmarine, deutsche. Von R. Dittmer. Mit 66 Abbildungen. 1892. 3 Mark 50 Pf.
Handelsrecht, deutsches, nach dem Allgemeinen Deutschen Handelsgesetzbuche von Robert Fischer. Dritte, umgearbeitete Auflage. 1885. 1 Mark 50 Pf.
Handelswissenschaft. Von K. Arenz. Sechste, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Gust. Rothbaum und Ed. Deimel. 1890. 2 Mark.
Haut, Haare, Nägel, ihre Pflege, ihre Krankheiten und deren Heilung nebst einem Anhang über Kosmetik von Dr. med. H. Schultz. Vierte Aufl., neu bearbeitet von Dr. med. E. Vollmer. Mit 42 Abbild. 1898. 2 Mark 50 Pf.
Heerwesen, deutsches. Zweite Auflage, vollständig neu bearbeitet von Moritz Exner. Mit 7 Abbildungen. 1896. 3 Mark.
Heilgymnastik. Von Dr. med. H. A. Ramdohr. Mit 115 Abbildungen. 1893. 3 Mark 50 Pf.
Heizung, Beleuchtung und Ventilation. Von Th. Schwartze. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 209 Abbildungen. 1897. 4 Mark.
Heraldik. Grundzüge der Wappenkunde von Dr. Ed. Freih. v. Sacken. Sechste Auflage, neu bearbeitet von Moriz von Weittenhiller. Mit 238 Abbildungen. 1898. 2 Mark.
Herz, Blut- und Lymphgefäße. Von Dr. med. Paul Niemeyer. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. Mit 49 Abbildungen. 1890. 3 Mark.
Holzmalerei, -schlägerei s. Liebhaberkünste.
Hornschlägerei s. Liebhaberkünste.
Hufbeschlag. Zum Selbstunterricht für jedermann. Von E. Th. Walther. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 67 Abbildungen. 1889. 1 Mark 50 Pf.
Hunderassen. Von Franz Krichler. Mit 42 Abbildungen. 1892. 3 Mark.
Hüttenkunde, allgem. Von Dr. E. F. Dürre. Mit 209 Abbild. 1877. 4 Mark 50 Pf.
Infektionskrankheiten. Von Dr. med. H. Dippe. 1896. 3 Mark.
Influenza s. Infektionskrankheiten.
Intarsiaschnitt s. Liebhaberkünste.
Integralrechnung s. Differential- und Integralrechnung.
Invaliditäts- und Altersversicherung. Von Georg Wengler. 1898. 2 Mark.
Jagdkunde. — Katechismus für Jäger und Jagdfreunde von Franz Krichler. Mit 33 Abbildungen. 1891. 2 Mark 50 Pf.
Kalenderkunde. Belehrungen über Zeitrechnung, Kalenderwesen und Feste von O. Freih. von Reinsberg-Düringsfeld. Mit 2 Tafeln. 1876. 1 Mark 50 Pf.
Kaltes Fieber s. Infektionskrankheiten.

Kehlkopf, der, im gesunden und erkrankten Zustande. Von Dr. med. C. L. Merkel. Zweite Auflage, bearbeitet von Sanitätsrat Dr. med. O. Heinze. Mit 33 Abbildungen. 1896. 3 Mark 50 Pf.

Kellerwirtschaft s. Weinbau.

Kerbschnitt s. Liebhaberkünste.

Keuchhusten s. Infektionskrankheiten.

Kind, das, und seine Pflege. Von Dr. med. L. Fürst. Fünfte, umgearbeitete und bereicherte Aufl. Mit 129 Abbild. 1897. 4 Mark 50 Pf.

Kindergärtnerei, praktische. Von Fr. Seidel. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 35 Abbildungen. 1887. 1 Mark 50 Pf.

Kirchengeschichte. Von Friedr. Kirchner. 1880. 2 Mark 50 Pf.

Klavierspiel. Von Fr. Taylor. Deutsche Ausgabe von Math. Stegmayer. Zweite, verbesserte Auflage. Mit vielen Notenbeispielen. 1893. 2 Mark.

Klavierunterricht. Studien, Erfahrungen und Ratschläge von L. Köhler. Fünfte Auflage. 1886. 5 Mark.

Knabenhandarbeit. Ein Handbuch des erziehlichen Arbeitsunterrichts von Dr. Woldemar Götze. Mit 69 Abbildungen. 1892. 3 Mark.

Kompositionslehre. Von J. C. Lobe. Sechste Auflage. Mit vielen Musikbeispielen. 1895. 2 Mark.

Korkarbeit s. Liebhaberkünste.

Korrespondenz, kaufmännische, in deutscher Sprache. Von C. F. Findeisen. Fünfte, vermehrte Auflage, zum dritten Male bearbeitet von Franz Hahn. 1898. 2 Mark 50 Pf.

—— —— in französischer Sprache s. Correspondance commerciale.

Kostümkunde. Von Wolfg. Quincke. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 459 Kostümfiguren in 152 Abbildungen. 1896. 4 Mark 50 Pf.

Krankenpflege im Hause. Von Dr. med. Paul Wagner. Mit 71 Abbildungen. 1896. 4 Mark.

Krankenversicherung. Von Georg Wengler. 1898. 2 Mark.

Kriegsmarine, deutsche. Von R. Dittmer. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit Titelbild und 175 Abbildungen. 1899. 4 Mark.

Krupp s. Infektionskrankheiten.

Kulturgeschichte. Von J. J. Honegger. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1889. 2 Mark.

Kunstgeschichte. Von Bruno Bucher. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit 276 Abbildungen. 1899. 4 Mark.

Lederschnitt s. Liebhaberkünste.

Liebhaberkünste. Von Wanda Friedrich. Mit 250 Abbildungen. 1896. 2 Mark 50 Pf.

Litteraturgeschichte, allgemeine. Von Dr. Ad. Stern. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. 1892. 3 Mark.

Litteraturgeschichte, deutsche. Von Dr. Paul Möbius. Siebente, verbesserte Auflage von Dr. Gotthold Klee. 1896. 2 Mark.

Logarithmen. Von Prof. Max Meyer. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 3 Tafeln und 7 in den Text gedruckten Abbildungen. 1898. 2 Mark 50 Pf.

Logik. Von Friedr. Kirchner. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 36 Abbildungen. 1890. 2 Mark 50 Pf.

Lunge. Ihre Pflege und Behandlung im gesunden und kranken Zustande. Von Dr. med. Paul Niemeyer. Achte Auflage. Mit 43 Abbildungen. 1895. 3 Mark.

Lungenentzündung s. Infektionskrankheiten.

Lungenschwindsucht s. Infektionskrankheiten.

Lustfeuerwerkerei. Kurzer Lehrgang für die gründliche Ausbildung in allen Teilen der Pyrotechnik von C. A. von Nida. Mit 124 Abbild. 1883. 2 Mark.

Lymphgefäße s. Herz.

Magen und Darm, die Erkrankungen des. Für den Laien gemeinverständlich dargestellt von Dr. med. E. v. Sohlern. Mit 2 Abbildungen und 1 Tafel. 1895. 3 Mark 50 Pf.

Malaria s. Infektionskrankheiten.

Malerei. Von Karl Raupp. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 50 Abbildungen und 4 Tafeln. 1898. 3 Mark.

—— s. auch Liebhaberkünste, Porzellan- und Glasmalerei.

Mandelentzündung s. Infektionskrankheiten.

Marine s. Handels- bez. Kriegsmarine.

Markscheidekunst. Von O. Brathuhn. Mit 174 Abbildungen. 1892. 3 Mark.

Masern s. Infektionskrankheiten.

Massage und verwandte Heilmethoden. Von Dr. med. E. Preller. Mit 78 Abbildungen. 1889. 3 Mark 50 Pf.

Mechanik. Von Ph. Huber. Sechste Auflage, den Fortschritten der Technik entsprechend neu bearbeitet von Walther Lange. Mit 196 Abbildungen. 1897. 3 Mark 50 Pf.

Meereskunde, allgemeine, von Johannes Walther. Mit 72 Abbildungen und einer Karte. 1893. 5 Mark.

Metallätzen, -schlagen, -treiben s. Liebhaberkünste.

Meteorologie. Von Prof. Dr. W. J. van Bebber. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 63 Abbildungen. 1893. 3 Mark.

Mikroskopie. Von Prof. Carl Chun. Mit 97 Abbild. 1885. 2 Mark.

Milchwirtschaft. Von Dr. Eugen Werner. Mit 23 Abbild. 1884. 3 Mark.

Milzbrand s. Infektionskrankheiten.

Mimik und Gebärdensprache. Von Karl Skraup. Mit 60 Abbildungen. 1892. 3 Mark 50 Pf.

Mineralbrunnen und -bäder. Ein Handbuch für Kurgäste. Von Dr. med. E. Heinrich Kisch. 1879. 3 Mark 50 Pf.

Mineralogie. Von Dr. Eugen Hussak. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 154 Abbildungen. 1896. 2 Mark 50 Pf.

Münzkunde. Von H. Dannenberg. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 11 Tafeln Abbildungen. 1899. 4 Mark.

Mumps s. Infektionskrankheiten.

Musik. Von J. C. Lobe. Sechsundzwanzigste Auflage. 1896. 1 Mark 50 Pf.

Musikgeschichte. Von R. Musiol. Mit 15 Abbildungen und 34 Notenbeispielen. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1888. 2 Mark 50 Pf.

Musikinstrumente. Von Richard Hofmann. Fünfte, vollständig neubearbeitete Auflage. Mit 189 Abbildungen. 1890. 4 Mark.

Musterschutz s. Patentwesen.

Mythologie. Von Dr. E. Kroker. Mit 73 Abbildungen. 1891. 4 Mark.

Nägel s. Haut.

Nagelarbeit s. Liebhaberkünste.

Naturlehre. Erklärung der wichtigsten physikalischen, meteorologischen und chemischen Erscheinungen des täglichen Lebens von Dr. C. E. Brewer. Vierte, umgearbeitete Auflage. Mit 53 Abbildungen. 1893. 3 Mark.

Nervosität. Von Dr. med. Paul Möbius. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1885. 2 Mark 50 Pf.

Nivellierkunst. Von Prof. Dr. C. Pietsch. Fünfte, umgearbeitete Auflage. Mit 61 Abbildungen. 1900. 2 Mark.

Numismatik s. Münzkunde.

Nutzgärtnerei. Grundzüge des Gemüse- und Obstbaues von Hermann Jäger. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage, nach den neuesten Erfahrungen und Fortschritten umgearbeitet von J. Wesselhöft. Mit 63 Abbildungen. 1893. 2 Mark 50 Pf.

Obstbau s. Nutzgärtnerei.

Obstverwertung. Anleitung zur Behandlung und Aufbewahrung des frischen Obstes, zum Dörren, Einkochen und Einmachen, sowie zur Wein-, Likör-, Branntwein- und Essigbereitung aus den verschiedensten Obst- und Beerenarten von Johannes Wesselhöft. Mit 45 Abbildungen. 1897. 3 Mark.

Ohr. Von Dr. med. Richard Hagen. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 45 Abbildungen. 1883. 2 Mark 50 Pf.

Orden s. Ritter- und Verdienstorden.

Orgel. Erklärung ihrer Struktur, besonders in Beziehung auf technische Behandlung beim Spiel von C. F. Richter. Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Hans Menzel. Mit 25 Abbildungen. 1896. 3 Mark.

Ornamentik. Leitfaden über die Geschichte, Entwickelung und die charakteristischen Formen der Verzierungsstile aller Zeiten von F. Kanitz. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit 131 Abbildungen. 1896. 2 Mark.

Pädagogik. Von Friedrich Kirchner. 1890. 2 Mark.

Pädagogik, Geschichte der. Von Friedrich Kirchner. 1899. 3 Mark.

Paläographie s. Urkundenlehre.

Paläontologie s. Versteinerungskunde.

Patentwesen, Muster- und Warenzeichenschutz von Otto Sack. Mit 3 Abbildungen. 1897. 2 Mark 50 Pf.

Perspektive, angewandte. Nebst Erläuterungen über Schattenkonstruktion und Spiegelbilder von M. Kleiber. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 145 in den Text gedruckten und 7 Tafeln Abbildungen. 1896. 3 Mark.

Petrefaktenkunde s. Versteinerungskunde.

Petrographie. Lehre von der Beschaffenheit, Lagerung und Bildungsweise der Gesteine von Dr. J. Blaas. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 86 Abbildungen. 1898. 3 Mark.

Pflanzen, die leuchtenden, s. Tiere und Pflanzen u. s. w.

Pflanzenmorphologie, vergleichende, von Dr. E. Dennert. Mit über 600 Einzelbildern in 506 Figuren. 1894. 5 Mark.

Philosophie. Von J. H. v. Kirchmann. Vierte, durchgesehene Aufl. 1897. 3 Mark.

Philosophie, Geschichte der, von Thales bis zur Gegenwart. Von Lic. Dr. Fr. Kirchner. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. 1896. 4 Mark.

Photographie. Anleitung zur Erzeugung photographischer Bilder von Dr. J. Schnauß. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit 40 Abbildungen. 1895. 2 Mark 50 Pf.

Phrenologie. Von Dr. G. Scheve. Achte Auflage. Mit Titelbild und 18 Abbildungen. 1896. 2 Mark.

Physik. Von Dr. J. Kollert. Fünfte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 273 Abbildungen. 1895. 4 Mark 50 Pf.

Physik, Geschichte der, von Dr. E. Gerland. Mit 72 Abbild. 1892. 4 Mark.

Physiologie des Menschen, als Grundlage einer naturgemäßen Gesundheitslehre. Von Dr. med. Friedrich Scholz. Mit 58 Abbildungen. 1882. 3 Mark.

Planetographie von Dr. O. Lohse. Mit 15 Abbild. 1894. 3 Mark 50 Pf.

Pocken s. Infektionskrankheiten.

Poetik, deutsche. Von Dr. J. Minckwitz. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. 1899. 2 Mark 50 Pf.

Porzellan- und Glasmalerei. Von Robert Ulke. Mit 77 Abbildungen. 1894. 3 Mark.

Projektionslehre. Mit einem Anhange, enthaltend die Elemente der Perspektive. Von Julius Hoch. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 121 Abbildungen. 1898. 2 Mark.

Psychologie. Von Fr. Kirchner. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1896. 3 Mark.

Punzieren s. Liebhaberkünste.

Pyrotechnik s. Lustfeuerwerkerei.

Rachenbräune s. Infektionskrankheiten.

Radfahrsport. Von Dr. Karl Biesendahl. Mit 1 Titelbild und 104 Abbildungen. 1897. 3 Mark.

Raumberechnung. Anleitung zur Größenbestimmung von Flächen und Körpern jeder Art von Dr. E. Pietsch. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 55 Abbildungen. 1898. 1 Mark 80 Pf.

Rebenkultur s. Weinbau.

Rechenkunst s. Arithmetik.

Rechtschreibung, neue deutsche. Von Dr. G. A. Saalfeld. 1895. 3 Mark 50 Pf.

Redekunst. Anleitung zum mündlichen Vortrage von Roderich Benedix. Fünfte Auflage. 1896. 1 Mark 50 Pf.

Registratur- und Archivkunde. Handbuch für das Registratur- und Archivwesen bei den Reichs-, Staats-, Hof-, Kirchen-, Schul- und Gemeindebehörden, den Rechtsanwälten rc., sowie bei den Staatsarchiven von Georg Holtzinger. Mit Beiträgen von Dr. Friedr. Leist. 1883. 3 Mark.

Reich, das Deutsche. Ein Unterrichtsbuch in den Grundsätzen des deutschen Staatsrechts, der Verfassung und Gesetzgebung des Deutschen Reiches von Dr. Wilh. Zeller. Zweite, vielfach umgearbeitete und erweiterte Auflage. 1880. 3 Mark.

Reinigung s. Wäscherei.

Reitkunst in ihrer Anwendung auf Campagne-, Militär- und Schulreiterei. Von Adolf Kästner. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 71 in den Text gedruckten und 2 Tafeln Abbildungen. 1892. 6 Mark.

Rheumatismus s. Gicht und Infektionskrankheiten.

Ritter- und Verdienstorden aller Kulturstaaten der Welt innerhalb des 19. Jahrhunderts. Auf Grund amtlicher und anderer zuverlässiger Quellen zusammengestellt von Maximilian Gritzner. Mit 760 Abbildungen. 1893. 9 Mark, in Pergamenteinband 12 Mark.

Rose s. Infektionskrankheiten.

Rosenzucht. Vollständige Anleitung über Zucht, Behandlung und Verwendung der Rosen im Lande und in Töpfen von Hermann Jäger. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von P. Lambert. Mit 70 Abbildungen. 1893. 2 Mark 50 Pf.

Röteln s. Infektionskrankheiten.

Rotlauf s. Infektionskrankheiten.

Rotz s. Infektionskrankheiten.

Rückfallfieber s. Infektionskrankheiten.

Ruder- und Segelsport. Von Otto Gusti. Mit 66 Abbildungen und einer Karte. 1898. 4 Mark.

Ruhr s. Infektionskrankheiten.

Säugetiere, Vorfahren der, in Europa von Albert Gaudry. Aus dem Französischen übersetzt von William Marshall. Mit 40 Abbildungen. 1891. 3 Mark.

Schachspielkunst. Von K. J. S. Portius. Elfte Auflage. 1895. 2 Mark.

Scharlach s. Infektionskrankheiten.

Schlitten-, Schlittschuh- und Schneeschuhsport s. Wintersport.

Schlosserei. Von Julius Hoch. Erster Teil (Beschläge, Schloßkonstruktionen und Geldschrankbau). Mit 256 Abbildungen. 1899. 6 Mark.
—— Zweiter Teil (Bauschlosserei). Mit 288 Abbildungen. 1899. 6 Mark.

Schnitzerei s. Liebhaberkünste.

Schnupfen s. Infektionskrankheiten.

Schreibunterricht. Dritte Auflage, neu bearbeitet von Georg Funk. Mit 82 Figuren. 1893. 1 Mark 50 Pf.

Schwimmkunst. Von Martin Schwägerl. Zweite Auflage. Mit 111 Abbildungen. 1897. 2 Mark.

Schwindsucht s. Infektionskrankheiten.

Segelsport s. Ruder- und Segelsport.

Sinne und Sinnesorgane der niederen Tiere von E. Jourdan. Aus dem Französischen übersetzt von William Marshall. Mit 48 Abbildungen. 1891. 4 Mark.

Sittenlehre s. Ethik.

Skrofulose s. Infektionskrankheiten.

Sozialismus, moderner. Von Max Haushofer. 1896. 8 Mark.

Sphragistik s. Urkundenlehre.

Spinnerei, Weberei und Appretur. Lehre von der mechanischen Verarbeitung der Gespinstfasern. Dritte, bedeutend vermehrte Auflage, bearbeitet von Dr. A. Ganswindt. Mit 196 Abbildungen. 1890. 4 Mark.

Spitzpocken s. Infektionskrankheiten.

Sprache und Sprachfehler des Kindes. Gesundheitslehre der Sprache für Eltern, Erzieher und Aerzte. Von Dr. med. Hermann Gutzmann. Mit 22 Abbildungen. 1894. 3 Mark 50 Pf.

Sprachlehre, deutsche. Von Dr. Konrad Michelsen. Vierte Auflage, herausgegeben von Friedrich Nedderich. 1898. 2 Mark 50 Pf.

Sprichwörter s. Citatenlexikon.

Staatsrecht s. Reich, das Deutsche.

Starrkrampf s. Infektionskrankheiten.

Statik. Mit gesonderter Berücksichtigung der zeichnerischen und rechnerischen Methoden von Walther Lange. Mit 284 Abbildungen. 1897. 4 Mark.

Steinätzen, -mosaik s. Liebhaberkünste.

Stenographie. Ein Leitfaden für Lehrer und Lernende der Stenographie im allgemeinen und des Systems von Gabelsberger im besonderen von Prof. H. Krieg. Zweite, vermehrte Auflage. 1888. 2 Mark 50 Pf.

Stereometrie. Mit einem Anhange über Kegelschnitte sowie über Maxima und Minima, begonnen von Richard Schurig, vollendet und einheitlich bearbeitet von Ernst Riedel. Mit 159 Abbildungen. 1898. 8 Mark 50 Pf.

Stilarten s. Baustile.

Stilistik. Eine Anweisung zur Ausarbeitung schriftlicher Aufsätze von Dr. Konrad Michelsen. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage, herausgegeben von Friedrich Nedderich. 1898. 2 Mark 50 Pf.

Stimme, Gymnastik der, gestützt auf physiologische Gesetze. Eine Anweisung zum Selbstunterricht in der Uebung und dem richtigen Gebrauche der Sprach- und Gesangsorgane. Von Oskar Guttmann. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 28 Abbildungen. 1890. 5 Mark.

Strahlenpilzkrankheit s. Infektionskrankheiten.

Tanzkunst. Ein Leitfaden für Lehrer und Lernende nebst einem Anhang über Choreographie von Bernhard Klemm. Sechste, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 82 Abbildungen. 1894. 2 Mark 50 Pf.

Technologie, mechanische. Von A. v. Ihering. Mit 163 Abbild. 1888. 4 Mark.

Teichwirtschaft s. Fischzucht.

Telegraphie, elektrische. Von Prof. Dr. K. Ed. Zetzsche. Sechste, völlig umgearbeitete Auflage. Mit 315 Abbildungen. 1883. 4 Mark.

Tiere, geographische Verbreitung der, von E. L. Trouessart. Aus dem Französischen übersetzt von William Marshall. Mit 2 Karten. 1892. 4 Mark.

Tiere und Pflanzen, die leuchtenden, von Henri Gadeau de Kerville. Aus dem Französischen übersetzt von William Marshall. Mit 28 Abbildungen. 1893. 3 Mark.

Tierzucht, landwirtschaftliche. Von Dr. Eugen Werner. Mit 20 Abbildungen. 1880. 2 Mark 50 Pf.

Tollwut s. Infektionskrankheiten.

Ton, der gute, und feine Sitte. Von Eufemia v. Adlersfeld geb. Gräfin Ballestrem. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1895. 2 Mark.

Trichinenkrankheit s. Infektionskrankheiten.

Trichinenschau. Von F. W. Rüffert. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 52 Abbildungen. 1895. 1 Mark 80 Pf.

Trigonometrie. Von Franz Bendt. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 42 Figuren. 1894. 1 Mark 80 Pf.

Tuberkulose s. Infektionskrankheiten.

Turnkunst. Von Dr. M. Kloss. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 100 Abbildungen. 1887. 3 Mark.

Uhrmacherkunst. Von F. W. Rüffert. Dritte, vollständig neu bearbeitete Auflage. Mit 229 Abbildungen und 7 Tabellen. 1885. 4 Mark.

Unfallversicherung. Von Georg Wengler. 1898. 2 Mark.

Uniformkunde. Von Richard Knötel. Mit über 1000 Einzelfiguren auf 100 Tafeln, gezeichnet vom Verfasser. 1896. 6 Mark.

Unterleibsbrüche. Von Dr. med. Fr. Ravoth. Zweite Auflage. Mit 28 Abbildungen. 1886. 2 Mark 50 Pf.

Unterleibstyphus s. Infektionskrankheiten.

Urkundenlehre. — **Katechismus der Diplomatik, Paläographie, Chronologie und Sphragistik** von Dr. Fr. Leist. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 6 Tafeln Abbildungen. 1893. 4 Mark.

Ventilation s. Heizung.

Verfassung des Deutschen Reiches s. Reich, das Deutsche.

Versicherungswesen. Von Oskar Lemcke. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1888. 2 Mark 40 Pf.

Verskunst, deutsche. Von Dr. Roderich Benedix. Dritte, durchgesehene und verbesserte Auflage. 1894. 1 Mark 50 Pf.

Versteinerungskunde (Petrefaktenkunde, Paläontologie). Von Hippolyt Haas. Mit 178 Abbildungen. 1887. 3 Mark.

Villen und kleine Familienhäuser. Von Georg Aster. Mit 112 Abbildungen von Wohngebäuden nebst dazugehörigen Grundrissen und 23 in den Text gedruckten Figuren. Siebente Auflage. 1899. 5 Mark.
(Fortsetzung dazu s. Familienhäuser für Stadt und Land.)

Vögel, der Bau der, von William Marshall. Mit 229 Abbildungen. 1895. 7 Mark 50 Pf.

Völkerkunde. Von Dr. Heinrich Schurtz. Mit 67 Abbild. 1893. 4 Mark.

Völkerrecht. Mit Rücksicht auf die Zeit- und Streitfragen des internationalen Rechtes. Von A. Bischof. 1877. 1 Mark 50 Pf.

Volkswirtschaftslehre. Von Hugo Schober. Fünfte, durchgesehene und vermehrte Auflage von Dr. Ed. O. Schulze. 1896. 4 Mark.

Vortrag, mündlicher, s. Redekunst.

Wappenkunde s. Heraldik.

Warenkunde. Von E. Schick. Sechste Auflage, vollständig neu bearbeitet von Dr. M. Pietsch. 1899. 3 Mark 50 Pf.

Warenzeichenschutz s. Patentwesen.

Wäscherei, Reinigung und Bleicherei. Von Dr. Herm. Grothe. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 41 Abbildungen. 1884. 2 Mark.

Wasserkur und ihre Anwendungsweise. Von Dr. med. E. Preller. Mit 38 Abbildungen. 1891. 3 Mark 50 Pf.

Wechselfieber s. Infektionskrankheiten.

Weberei s. Spinnerei.

Wechselrecht, allgemeines deutsches. Mit besonderer Berücksichtigung der Abweichungen und Zusätze der österreichischen und ungarischen Wechselordnung und des eidgenössischen Wechsel- und Checkgesetzes. Von Karl Arenz. Dritte, ganz umgearbeitete und vermehrte Auflage. 1884. 2 Mark.

Weinbau, Rebenkultur und Weinbereitung. Von Fr. Jak. Dochnahl. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit einem Anhange: Die Kellerwirtschaft. Von A. v. Babo. Mit 55 Abbildungen. 1896. 2 Mark 50 Pf.

Weltgeschichte, allgemeine. Von Dr. Theodor Flathe. Dritte Auflage. Mit 6 Stammtafeln und einer tabellarischen Uebersicht. 1899. 3 Mark 50 Pf.

Windpocken s. Infektionskrankheiten.

Wintersport. Von Max Schneider. Mit 140 Abbildungen. 1894. 3 Mark.

Zähne. Von Dr. med. H. Klencke. Zweite Auflage. Mit 39 Abbildungen. 1879. 2 Mark 50 Pf.

Zeugdruck s. Färberei.

Ziegenpeter s. Infektionskrankheiten.

Ziergärtnerei. Belehrung über Anlage, Ausschmückung und Unterhaltung der Gärten, sowie über Blumenzucht von Herm. Jäger. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 76 Abbildungen. 1889. 2 Mark 50 Pf.

Zimmergärtnerei. Nebst einem Anhang über Anlegung und Ausschmückung kleiner Gärtchen an den Wohngebäuden. Von M. Lebl. Mit 56 Abbild. 1890. 2 Mark.

Zoologie. Von Dr. C. G. Giebel. Mit 124 Abbildungen. 1879. 2 Mark 50 Pf.

Verzeichnisse mit ausführlicher Inhaltsangabe jedes einzelnen Bandes nebst Schlagwortregister stehen auf Wunsch kostenfrei zur Verfügung.

Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber in Leipzig

Reudnitzerstrasse 1—7.

(August 1899.)

Druck von J. J. Weber in Leipzig.






Illustrirte Zeitung
Wöchentliche Nachrichten
über alle